

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. habil. H. Heuser

**Vergleichende
oberflächenhistologische und thermometrische
Untersuchungen
an extrahierten menschlichen Zähnen
bei Verwendung zylinderförmiger Stahlfinierer**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde

der

Hohen Medizinischen Fakultät der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Hans Kieser

aus Bensheim

Marburg

1969

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. habil. H. Heuser

**Vergleichende
oberflächenhistologische und thermometrische
Untersuchungen
an extrahierten menschlichen Zähnen
bei Verwendung zylinderförmiger Stahlfinierer**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde

der

Hohen Medizinischen Fakultät der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Hans Kieser

aus Bensheim

Marburg

1969

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg an der Lahn am 10. 2. 1969

gedruckt mit Genehmigung der Fakultät
Dekan Prof. Dr. med. W. Straub
Referent: Prof. Dr. H. Pantke
Korreferent: Prof. Dr. Dr. H. Heuser

Meinen Eltern und meiner Frau
in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung	5
B. Hauptteil	8
I. Untersuchungen über die glättende Wirkung von Stahlfinierern auf Kavitätenränder und Kavitätenwände	8
1. Untersuchungsmaterial	8
2. Untersuchungsmethoden	10
a) Oberflächenhistologische Unter- suchungen mit Hilfe der Replika- technik	10
b) Untersuchungen mit dem LEITZ-Ober- flächenmeßgerät nach FORSTER	12
3. Untersuchungsergebnisse	15
a) Untersuchungen über den Kavitäten- rand	15
b) Untersuchungen über die Kavitäten- wände	22
II. Vergleichende thermometrische Unter- suchungen über die Wirkung von Stahl- finierern	37
1. Allgemeine Betrachtung	37
2. Untersuchungsmethode	41
3. Untersuchungsergebnisse	44
III. Schlußbetrachtung	56
C. Zusammenfassung	62
D. Literaturverzeichnis	64

A. Einleitung

Wie die Untersuchungen von PANTKE und HORN an einem größeren Patientenkreis unterschiedlichen Alters ergaben, waren mehr als die Hälfte aller diagnostizierten kariösen Defekte auf eine erneute Erkrankung am Füllungsrand zurückzuführen. Auf die große Gefahr, welche mit der sogenannten Sekundärkaries verbunden ist, hat vor allen Dingen WANNENMACHER hingewiesen, indem er feststellte, daß heute durch diese Kariesform mehr Pulpen gefährdet sind als durch eine primäre Karies. Die Gefahr für die Pulpa beruht bei der sekundären Randkaries vor allen Dingen darauf, daß die kariogenen Noxen durch den kleinen Spalt, der zwischen Kavitätenwand und Füllungsmaterial vorhanden ist sehr schnell in unmittelbare Nähe der Pulpa gelangen können.

Für die Entstehung der erneuten Erkrankung am Füllungsrand sind verschiedene Faktoren verantwortlich zu machen. Eine große Bedeutung kommt in dieser Hinsicht dem Füllungsmaterial zu. "Die Art und einwandfreie Verarbeitung sowie die richtige, auf die verschiedenen Kavitätentypen abgestimmte Auswahl des Füllungsmaterials spielt zwar eine große Rolle, jedoch sind diese Faktoren nicht alleine ausschlaggebend" (PANTKE, HORN). Ganz besondere Bedeutung bezüglich der Entstehung von sekundärer Randkaries kommt auch der Politur der Füllung zu. Nur durch sie läßt sich in den meisten Fällen, wie die Untersuchungen von HEUSER eindrucksvoll zeigen konnten, ein einwandfreier Randschluß der Füllungen erzeugen.

Für die Kavitätenpräparation stellte BLACK die Forderung nach einer Extension for prevention auf. Unter Extension for prevention ist die vorsorgliche Ausbreitung der Kavität in die relativ kariesresistenten Zonen des Zahnes zu verstehen, also das Verlegen der Kavitätenränder in die Abschnitte des Zahnes, die der natürlichen oder künstlichen Reinigung zugänglich sind oder die von der Gingiva bzw. von der interdentalen Zahnfleischpapille geschützt werden. Die große Bedeutung dieser vorsorglichen Ausbreitung der Kavität

im Zusammenhang mit der Entstehung der Sekundärkaries konnten die Untersuchungen von PANTKE und HORN zeigen.

Ganz besondere Aufmerksamkeit ist außerdem der Gestaltung der Kavitätenränder zu widmen. Die Kavitätenränder stellen der Karies gegenüber stets einen locus minoris resistentiae dar, insbesondere ist dieses der Fall, wenn der Rand durch beim Schleifakt erzeugte Auszackungen um ein Vielfaches verlängert wurde. PECKERT betonte, "daß sich an derartige, wenn auch nur mikroskopisch zackige Ränder, ein Füllungs-material nicht annähernd so innig anschmiegen läßt wie an glatte Flächen; des weiteren aber auch, daß es dem Kaudruck ein leichtes sein muß, so kleine exponierte Schmelzpartikel abzusprengen".

Außer der Beschaffenheit des Schmelzrandes kommt nach PANTKE, im Zusammenhang mit der Entstehung der sekundären Randkaries, auch der Oberflächenstruktur der Kavitätenwände große Bedeutung zu. Bei der Inlayherstellung wirken sich grob geriefte Präparationsflächen sowohl bei der direkten als auch bei der indirekten Abdrucktechnik ungünstig aus. Auch bei der Verwendung von plastischem Füllungs-material sollen die Kavitätenwände glatt sein, da die durch die Präparationsinstrumente hervorgerufenen tiefen Rillen nicht unterstützte Schmelzpartien hinterlassen, so daß die angeschnittenen Prismen ebenso wie die Schmelzzacken bei scharf-tigen Kavitätenrändern leicht abgesprengt werden können. "Auch bei Kavitäten resp. Kavitätenabschnitten, die keinem Kaudruck bzw. keinem direkten Kaudruck ausgesetzt sind, bilden die kurzen Prismenendstücke einen locus minoris resistentiae, da anzunehmen ist, daß ihr Zusammenhang mit dem Gesamtverband der Prismen durch den Präparationsakt gelockert wurde, so daß die kariogenen Noxen hier besonders leicht angreifen bzw. eindringen können " (PANTKE).

Wie die Untersuchungen von PANTKE weiter ergaben, entstehen insbesondere durch die Präparation der Kavität mit Diamantsteinchen (BOLK) und Fissurenbohrern mit Querhieb (ZELINKA, A.)

sehr raue Kavitätenwände und ausgesprochen zackige Kavitätenränder. Er empfiehlt deshalb bei jeder Kavitätenpräparation vor allem, wenn sie mit den vorgenannten Instrumenten und unter Benutzung der Turbine durchgeführt wurden, eine glättende Nacharbeit.

In der Literatur werden zum Glätten der Kavitätenwände und Kavitätenränder die verschiedensten Instrumente angegeben. Während HESS es dem behandelnden Zahnarzt überläßt, Schmelzmeißel, Steinchen, Finierer oder Papierscheiben zum Einnivellieren unebener Flächen der Zahnhartsubstanz zu benutzen, empfiehlt BLACK den feingekörnten Karborundumstein. REBEL dagegen sieht in dem Gebrauch eines nicht zu groben Steines einen Vorteil gegenüber glättenden Handinstrumenten. Für MILLER ist der Finierbohrer das ideale Instrument zum Glätten der Kavitätenwände und Kavitätenränder.

PANTKE konnte durch oberflächenhistologische Untersuchungen nachweisen, daß sich die glattesten Kavitätenwände und Kavitätenränder mit den feingekörnten Sandpapierscheiben und Stahlfinierern erzielen lassen. Diese Untersuchungen wurden später von ONTRUP bestätigt. Die Sandpapierscheiben sind vor allem bei der Scheibenschliffpräparation indiziert, während die Stahlfinierer zum Glätten okklusaler, aber auch approximal-okklusaler nach BLACK präparierter Kavitäten Anwendung finden.

Unsere Aufgabe war es nun, die glättende Wirkung der Stahlfinierer verschiedener Größe bei gleicher Form und unterschiedlichen Umdrehungsgeschwindigkeiten zu untersuchen. Außerdem sollte festgestellt werden, ob die Sprayflüssigkeit einen Einfluß auf die Feingestaltung der Oberfläche der Kavitätenwände und insbesondere der Kavitätenränder nahm. Da bei der Kavitätenpräparation mit umlaufenden Instrumenten, besonders bei solchen mit geringer Schneidleistung (z.B. stumpfen Bohrern), erhöhte Temperaturen am Pulpenkammerdach gemessen wurden, interessierte uns außerdem, wie sich die Temperaturentwicklung beim Glätten mit Stahlfinierern gestaltet.

B. Hauptteil

I. Untersuchungen über die glättende Wirkung von Stahlfinierern auf Kavitätenränder und Kavitätenwände

1. Untersuchungsmaterial

Für unsere Untersuchungen benutzten wir fabrikneue zylindrische Finierer vom Typ "KOMET" 21a der Firma BRASSELER (Lemgo/Lippe) mit flachen, senkrechten Schneiden in den Größen 0 bis 5 (Abb. 1).

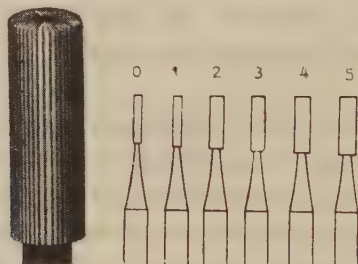


Abb. 1

Die für unsere Versuche verwendeten
Finierer

Als Untersuchungsobjekte dienten frisch extrahierte obere und untere Eckzähne, Prämolaren und Molaren von Patienten unterschiedlichen Alters, die wir bis zu ihrer Verwendung in 4%iger Formalinlösung aufbewahrten. Wie Vorversuche zeigten, ergab die Nachbearbeitung mit Finierern bei den verschiedenen alten Zähnen keinen wesentlichen Unterschied der Oberflächenfeingestaltung, so daß wir bei unseren Untersuchungsergebnissen auf die Beschreibung dieser feinen Differenzen verzichtet haben.

Für unsere Untersuchungen, die sowohl mit als auch ohne Sprayflüssigkeit durchgeführt wurden, verwendeten wir nachfolgende Umdrehungsgeschwindigkeiten:

- a) 10 000 U/min
- b) 20 000 U/min
- c) 30 000 U/min
- d) 40 000 U/min
- e) 50 000 U/min

Zur Durchführung unserer Versuche stand uns die Bohrmaschine "DEXTRADONT" der Firma SIEMENS zur Verfügung, die eine Umdrehungsgeschwindigkeit des Schleifkörpers bis zu 15 000 U/min gestattet. Zur Steigerung der Tourenzahl benutzten wir ein fabrikneues "INTRA"-Winkelstück Nr. 120 der Firma KALTENBACH & VOIGT (KaVo), das ein Übersetzungsverhältnis von 1 : 2 erbringt. Um Geschwindigkeiten bis zu 50 000 U/min zu erreichen, war eine Zwischenschaltung der SUPRA-Schnellaufgleitverbindung Nr. 429 Ultra der Firma KALTENBACH & VOIGT notwendig. Diese gestattete eine Verdreifachung der Umdrehungsgeschwindigkeiten. Vor jedem Versuch ermittelten wir die Schleifkörperumdrehungsgeschwindigkeit mit Hilfe des mechanischen Drehzahlmessers "DEUMO" der DEUTAWERKE.

Bewußt wurde auf eine spezielle Apparatur zur Konstanthaltung des Auflagedruckes verzichtet, um den Gegebenheiten in der Praxis möglichst nahe zu kommen, zumal vergleichende Untersuchungen, die wir mit vier Kollegen durchführten, ergaben, daß trotz individueller Handhabung des glättenden Instrumentes nur ganz geringgradige Unterschiede in der Randgestaltung und Oberflächenstruktur der Testfläche auftraten.

2. Untersuchungsmethoden

a Oberflächenhistologische Untersuchungen mit Hilfe der Replikatechnik

An sämtlichen oben erwähnten Zähnen stellten wir mittels einer Stahlscheibe eine von vestibulär nach lingual bzw. palatinal verlaufende Versuchsfläche her, die anschließend mit einer Sandpapierscheibe geglättet wurde (Abb. 2). Danach bearbeiteten wir diese Fläche mit dem zylinderförmigen Diamantsteinchen Nr. 26 A der Firma DRENDEL & ZWEILING, wodurch wir ein rauhes Oberflächenrelief erhielten. Hiermit schufen wir eine gleiche Ausgangsbasis für unsere Untersuchungen. Die auf die zuvor geschilderte Weise gewonnenen Präparationsflächen glätteten wir mit den verschiedenen Finierergrößen, wobei unser Augenmerk nicht nur darauf gerichtet war, daß die Instrumente die Kavitätenwand, sondern auch den Schmelzrand trafen.

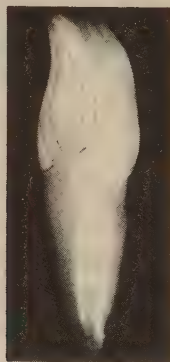


Abb. 2 (nach Pantke)

Für unsere Untersuchungen stellten wir an sämtlichen Zähnen mittels einer Stahlscheibe eine von vestibulär nach lingual bzw. palatinal verlaufende Versuchsfläche her, die anschließend mit einer Sandpapierscheibe geglättet wurde.

Wie LINKE und später auch HORN nachweisen konnten, ist die Drehrichtung mit der das rotierende Schleifinstrument die Schmelzkante trifft von besonderer Bedeutung (Abb. 3). Beide Autoren konnten feststellen, daß die "Auslaufränder" stets ausgezackter waren als die "Einlaufränder", deshalb ließen auch wir bei unseren Untersuchungen die Finierer in den beiden verschiedenen Richtungen am Schmelzrand entlanglaufen.

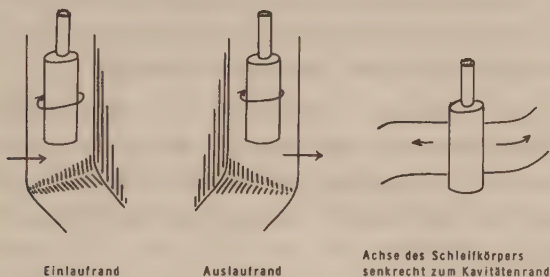


Abb. 3 (nach Horn)

Schematische Darstellung der verschiedenen Umdrehungsrichtungen

Die mit dem Finierer geglätteten Kavitätenwände untersuchten wir dann mit Hilfe der Replikatechnik, die von WOLF in die Zahnheilkunde übernommen, später von HEUSER, PANTKE u.a. verbessert wurde. Als Abdruckmittel benutzten wir eine Kollodium-Amylacetat-Lösung, die die beschliffenen Flächen nach dem Eintrocknen als dünner, zusammenhängender Film bedeckte. Diesen Film brachten wir zwischen Objektträger und Deckglas und betrachteten das so gewonnene Präparat unter dem Mikroskop im durchfallenden Licht bei schräger sog. "Reliefbeleuchtung".

Die Untersuchungen des Schmelzrandes (Kavitätenrand) ist auf zweierlei Weise möglich. LINKE benutzte eine mikroskopisch-fotografische Methode. Hierbei wird das beschliffene Versuchsobjekt so dem Durchlicht ausgesetzt, daß der Kavitätenrand als Silhouette erscheint. Da aber bei dieser Arbeitsweise die im Querschnitt getroffenen Perikymatien des unbeschliffenen Schmelzrandes als Vertiefungen und Erhöhungen am Kavitätenrand in Erscheinung treten können, ist die Interpretation der Ergebnisse erschwert.

Wir fertigten unsere Replikas vom Schmelzrand nach der von PANTKE beschriebenen Methode an, wonach in einem Arbeitsgang durch Beschichtung der beschliffenen und unbeschliffenen Schmelzoberfläche mit der oben erwähnten Lösung ein einziger Abdruck entsteht, der nach Abzug vom Zahn auf einen Objektträger gebracht und von einem Deckglas bedeckt wird, so daß bearbeitete und unbearbeitete Oberfläche in einer Ebene zu liegen kommen. Diese Methode läßt außerdem einen Vergleich zwischen Oberflächenbeschaffenheit des Zahnes sowie des bearbeiteten Schmelzes und der Randgestaltung zu.

Von allen Replikas stellten wir mit Hilfe des "ORTHOLUX"-Mikroskopes (LEITZ/Wetzlar) Mikrofotos bei einer Vergrößerung von 120fach her. Wir benutzten hierzu als Filmmaterial den ADOX KB 14 Film. In die Arbeit wurden nur die charakteristischen Fotos aufgenommen.

Die Bilder der Schmelzränder wurden stets so orientiert, daß die beschliffenen Flächen rechts und die unpräparierten Seiten links im Bilde zu sehen sind.

b Untersuchungen mit dem LEITZ-Oberflächenmeßgerät nach FORSTER

Unsere Untersuchungen mit der Replikamethode ergänzten wir durch Versuche mit dem LEITZ-Oberflächenmeßgerät nach FORSTER, da hierdurch eine genaue grafische Darstellung der Rauhtiefen möglich war. Diese Untersuchungsmethode ist naturgemäß nur bei den Präparationsflächen und nicht bei den Kavitätenrändern anwendbar. Für unsere Messungen drückten wir die schon zuvor für die Untersuchungen mit der Replikamethode verwendeten Versuchszähne mittels einer Presse in erwärmte und dadurch erweichte Stentsmasse, so daß nach deren Erstarrung die Versuchsoberfläche mit der Unterlage in einer parallelen Ebene zu liegen kam. Danach brachten wir den eingebetteten Zahn auf den Auflagetisch des Meßgerätes.

Beim Meßvorgang selbst tastet ein mechanischer Saphirstift mit einem Spitzenradius von $15\text{ }\mu\text{m}$ die Prüfstückoberfläche ab. Hierbei wird je nach Verlauf der Oberflächenprofillinie der

Taststift in seiner Höhenlage verändert. "Die Auslenkungen der Tastnadel beim Meßvorgang werden auf einen mit dem Taststift mechanisch verbundenen Kippspiegel übertragen, der in zwei prismatischen Pfannenlagern liegt. Von einer Lichtquelle wird ein Lichtstrahl durch ein Kollimatorsystem auf den Kippspiegel geworfen und von dort reflektiert. Der reflektierte Strahl geht durch das Kollimatorsystem zurück und fällt auf einen halbdurchlässigen Spiegel, wo er in zwei Teilstrahlen zerlegt wird. Der eine Teilstrahl dient zur Meßwertanzeige und fällt auf eine mit einer Skala versehene Mattscheibe. Der andere Teilstrahl wird zur Profilaufzeichnung auf einen transportablen Registrierstreifen projiziert" (Bedienungsanleitung zum LEITZ-Oberflächenmeßgerät). Es ist also einmal die Lichtmarkenbewegung während des Meßvorgangs direkt auf der Mattscheibe zu verfolgen, während gleichzeitig die Meßwerte fotografisch auf Copyrapid-Streifen (CpH der Firma AGFA) fixiert werden.

Der Auflagetisch für das Versuchsobjekt läßt sich durch Motorantrieb mit verschiedenen hohen Vorschubgeschwindigkeiten unter der Tastnadel entlangführen. Für unsere Untersuchungen benutzten wir eine Vorschubgeschwindigkeit von 1 mm pro Minute und eine 1000fache Vergrößerung.

Aus dem Verhältnis von Vertikalvergrößerung zu Horizontalvergrößerung resultiert eine Verzerrung des Profilbildes, sobald beide Vergrößerungen nicht den gleichen Maßstab haben. Bei den von uns gewählten Vergrößerungen ist das Profilbild in vertikaler Richtung zusammengeschoben. Die sich ergebende Verzerrung wird als Überhöhung bezeichnet.

Den Ausgangszustand unserer Versuchsflächen und -ränder, den wir durch Präparationen mit dem Diamantsteinchen Nr. 26 A der Firma DRENDEL & ZWEILING erzielten, zeigen die Abbildungen 4, 5 und 6.

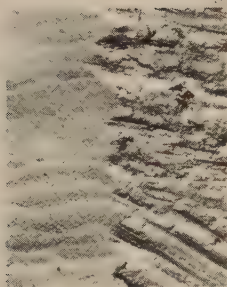


Abb. 4

Ausgangsbefund:
Schmelzkante
(Replika-Abdruck)

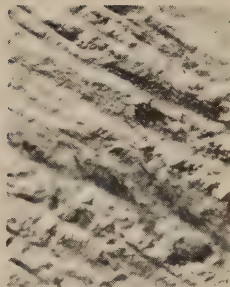


Abb. 5

Ausgangsbefund:
Schmelzfläche
(Replika-Abdruck)



Abb. 6

Ausgangsbefund: Schmelzfläche
Aufzeichnung mit dem LEITZ-Oberflächen-
meßgerät nach FORSTER

3. Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen über die glättende Wirkung der Finierer haben wir aus Zweckmäßigkeitsgründen in zwei Hauptteile gegliedert. Im ersten Teil berichten wir über die Wirkung der Finierer auf die Kavitätenränder, während im zweiten Abschnitt unsere Untersuchungsergebnisse über die Kavitätenwände zusammengestellt wurden.

a Untersuchungen über den Kavitätenrand

Die von den einzelnen Präparaten (Replika-Abdrücke) hergestellten Mikrofotos haben wir entsprechend den zuvor erwähnten verschiedenen Drehzahlen in fünf Gruppen zusammengefaßt. Innerhalb der einzelnen Gruppen haben wir die Größe der Finierer, die Drehrichtung sowie die Anwendung von Kühlflüssigkeit berücksichtigt.

Gruppe I

Untersuchungen über die Wirkung von zylinderförmigen Finierern der Größe 0 - 5 auf den Schmelzrand bei einer Drehgeschwindigkeit von 10 000 U/min.

Unsere Untersuchungen ergaben, daß unabhängig von der verwendeten Finierergröße die Unebenheiten der Einlaufränder geringer waren als die der Auslaufränder (vergl. Abb. 7 und 8).

Ferner konnten wir die Feststellung machen, daß die im trockenen Milieu finierten Schmelzkanten geringfügig rauher waren, als die, bei denen der Wasserspray Anwendung gefunden hatte. Bei einem Vergleich der Wirkung der sechs verschiedenen Finierergrößen ließ sich eine geringe aber stetige Verminderung der Kantenausackung mit steigendem Umfang des Instrumentes beobachten, so daß also der zylinderförmige Finierer der Größe 0 den geringsten und der zylinderförmige Finierer der Größe 5 den größten glättenden Effekt erbrachte (vergl. Abb. 8 und 9).

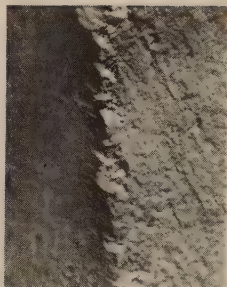


Abb. 7

Schmelzkante
10 000 U/min,
Finierergröße 0
mit Spray,
Auslaufrand



Abb. 8

Schmelzkante
10 000 U/min,
Finierergröße 0
mit Spray,
Einlaufrand

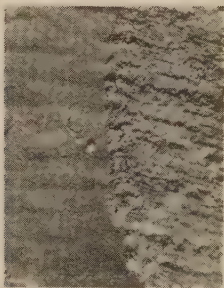


Abb. 9

Schmelzkante
10 000 U/min,
Finierergröße 5
mit Spray,
Einlaufrand

Gruppe II

Untersuchungen über die Wirkung von zylinderförmigen Finierern der Größe 0 - 5 auf den Schmelzrand bei einer Drehgeschwindigkeit von 20 000 U/min.

Die bei diesen Untersuchungen gewonnenen Resultate bestätigen die schon bei Gruppe I gemachten Erfahrungen, daß unabhängig von der Finierergröße der Einlaufrand im Vergleich zum Auslaufrand stets das bessere Ergebnis zeigt (vergl. Abb. 10 und 11). Die gleiche Feststellung konnten wir bei allen weiteren Versuchen machen, so daß wir in den folgenden Gruppen auf die besondere Erwähnung dieser Tatsache verzichtet haben.

Ein Vergleich der mit und ohne Wasserkühlung präparierten Schmelzränder zeigte, ebenso wie bei Gruppe I, keinen wesentlichen Unterschied in der Glättung. Diese Feststellung konnten wir bei allen weiteren Gruppen machen.

Betrachten wir nun die Wirkung der einzelnen Finierergrößen auf den Schmelzrand, so ergibt sich eine kontinuierliche Steigerung des glättenden Effektes mit zunehmendem Finierumfang (vergl. Abb. 11 und 12).

Gruppe III

Untersuchungen über die Wirkung von zylinderförmigen Finierern der Größe 0 - 5 auf den Schmelzrand bei einer Drehgeschwindigkeit von 30 000 U/min.

Auch bei dieser Gruppe war ebenso wie bei den Gruppen I und II die glättende Wirkung der Finierer ihrer Größe proportional. Während nach der Bearbeitung der Präparationskanten mit Finierern der Größe 0 zwar schon ein einnivellierender Effekt festzustellen war, ließ sich aber erst bei Benutzung eines Finierers der Größe 5 eine deutliche Verminderung der Zacken beobachten, wie die Abbildungen 13 und 14 zeigen. Die Finierergrößen 1, 2, 3 und 4 ergaben nur einen graduell geringen Unterschied in der Feingestaltung der Kavitätenränder.



Abb. 10
Schmelzkante
20 000 U/min,
Finierergröße 0
mit Spray,
Auslaufrand

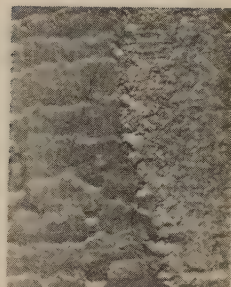


Abb. 11
Schmelzkante
20 000 U/min,
Finierergröße 0
mit Spray,
Einlaufrand



Abb. 12
Schmelzkante
20 000 U/min,
Finierergröße 5
mit Spray,
Einlaufrand

Gruppe IV

Untersuchungen über die Wirkung von zylinderförmigen Finierern der Größe 0 - 5 auf den Schmelzrand bei einer Drehgeschwindigkeit von 40 000 U/min.

Unsere oberflächenhistologischen Untersuchungen mit 40 000 U/min führten zu dem Ergebnis, daß der Finierer der Größe 0 zwar in der Lage war den schartigen Charakter der Versuchskante so zu ändern, daß nur noch kleine Auszackungen zu bemerken waren (vergl. Abb. 15), die zylinderförmigen Finierer der Größen 1 und 2 diese jedoch noch feiner zu gestalten vermochten. Die Finierer der Größen 3 und 4 ergaben eine Steigerung der Wirkung der jeweils vorhergehenden Größe. Die Größe 5 zeigte einen relativ glatten und gleichmäßigen Randverlauf (vergl. Abb. 16).

Gruppe V

Untersuchungen über die Wirkung von zylinderförmigen Finierern der Größe 0 - 5 auf den Schmelzrand bei einer Drehgeschwindigkeit von 50 000 U/min.

Die Mikrofotos von den mit zylinderförmigen Finierern verschiedener Größe bearbeiteten Schmelzrändern lassen erkennen, daß mit 50 000 U/min eine Feingestaltung am besten zu verwirklichen ist. Denn schon der Finierer der Größe 0 läßt nur noch eine schwache Auszackung der Ränder erkennen (vergl. Abb. 17), was auf eine weitgehende Einebnung der vorher groben und rauhen Versuchskante hinweist. Bei Verwendung der Finierer der Größen 1 - 4 wird das Ergebnis noch weiter verbessert (vergl. Abb. 18). Die mit dem zylinderförmigen Finierer der Größe 5 bearbeiteten Ränder zeigen einen vollkommen glatten Verlauf (vergl. Abb. 19); die vorher vorhandenen starken Unebenheiten sind bis auf ihre Basis "einfiniert" worden.



Abb. 13

Schmelzkante
30 000 U/min,
Finierergröße 0
mit Spray,
Einlaufrand



Abb. 14

Schmelzkante
30 000 U/min,
Finierergröße 5
mit Spray,
Einlaufrand

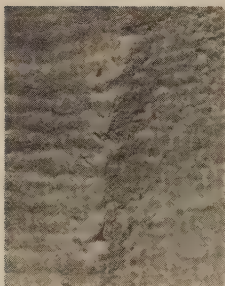


Abb. 15

Schmelzkante
40 000 U/min,
Finierergröße 0
mit Spray,
Einlaufrand



Abb. 16

Schmelzkante
40 000 U/min,
Finierergröße 5
mit Spray,
Einlaufrand

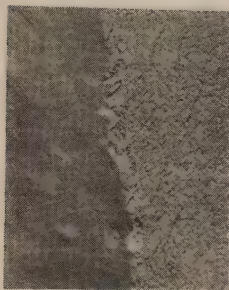


Abb. 17
Schmelzkante
50 000 U/min,
Finierergröße 0
mit Spray,
Einlaufrand

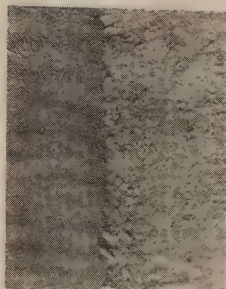


Abb. 18
Schmelzkante
50 000 U/min,
Finierergröße 3
mit Spray,
Einlaufrand



Abb. 19
Schmelzkante
50 000 U/min,
Finierergröße 5
mit Spray,
Einlaufrand

Zusammenfassend läßt sich feststellen:

- 1.) Einlaufränder stets glatter als Auslaufränder.
- 2.) Der Wasserspray bewirkt nur eine geringgradige Steigerung des glättenden Effektes.
- 3.) Die glättende Wirkung der Finierer ist ihrem Durchmesser und
- 4.) der Umdrehungsgeschwindigkeit proportional.

b Untersuchungen über die Kavitätenwände

Während im ersten Teil unserer Untersuchungsergebnisse ausschließlich Schmelzrandbetrachtungen angestellt wurden, soll in diesem Abschnitt die Oberflächenbeschaffenheit der Kavitätenwände nach der Bearbeitung mit Finierern besprochen werden. Auch hier hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die Untersuchungsergebnisse entsprechend der verschiedenen hohen Umdrehungsgeschwindigkeiten in fünf Gruppen zu unterteilen.

Unsere Untersuchungen über das Oberflächenprofil der finierten Versuchsflächen führten wir, wie zuvor schon betont wurde, einmal mit der Replikamethode und zum anderen mit dem LEITZ-Oberflächenmeßgerät nach FORSTER durch. Die mit beiden Untersuchungsmethoden gewonnenen Ergebnisse haben wir zur besseren Übersicht einander gegenüber gestellt.

Diesen Vergleich führten wir zwar in allen Fällen durch, da es sich aber herausstellte, daß der geringgradige Unterschied in der glättenden Wirkung der verschieden großen Finierer auf den Replika-Abdrücken nicht immer deutlich beobachtet werden konnte, haben wir die eindrucksvolleren Untersuchungsergebnisse mit dem LEITZ-Oberflächenmeßgerät in den Vordergrund gestellt und nur bei einem Teil der mit diesem Gerät gewonnenen grafischen Darstellungen das oberflächenhistologische Bild (Mikrofotos von den Replikas) hinzugefügt.

Den Ausgangszustand unserer Versuchsflächen, den wir durch

Präparation mit dem Diamantsteinchen Nr. 26 A der Firma DRENDEL & ZWEILING erzielten, zeigen die Abbildungen 5 und 6).

Gruppe I

Untersuchungen über die Wirkung von zylinderförmigen Finierern der Größe 0 - 5 auf die Schmelzoberfläche bei einer Drehgeschwindigkeit von 10 000 U/min.

Ungeachtet der verwendeten Finierergrößen zeigten die unter Spraykühlung bearbeiteten Schmelzoberflächen eine geringere Rauhtiefe als die im trockenen Milieu finierten Schmelzanteile (Abb. 20a und b, 21a und b). Beim Vergleich der sechs verschieden großen Finierertypen war besonders bemerkenswert, die Abhängigkeit der Rauhtiefen der Kavitätenwände vom Durchmesser der verwendeten Finierer (Abb. 21a und b bis 26a und b).

Gruppe II

Untersuchungen über die Wirkung von zylinderförmigen Finierern der Größe 0 - 5 auf die Schmelzoberfläche bei einer Drehgeschwindigkeit von 20 000 U/min.

Die vergleichende Betrachtung der im feuchten Milieu präparierten Flächen mit den ohne Wasserberieselung durchgeführten Versuchen ergab auch bei diesen Untersuchungen die schon bei Gruppe I gemachte Erfahrung, daß die unter Sprayanwendung finierten Schmelzoberflächen eine etwas geringere Rauhtiefe aufwiesen als die, bei denen im trockenen Milieu gearbeitet wurde (Abb. 27a und b, 28a und b). Wie die Abbildungen 28a und b bis 30a und b zeigen, ist auch bei 20 000 U/min der glättende Effekt proportional der Finierergröße, d.h. also, daß bei der Finierergröße 0 das geringste glättende Resultat und bei Finierergröße 5 die stärkste einnivellierende Wirkung festzustellen war.



Abb. 20a

Finierergröße 0, ohne Spray

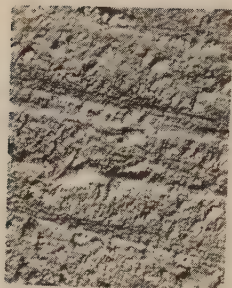


Abb. 20b

Finierergröße 0, ohne Spray

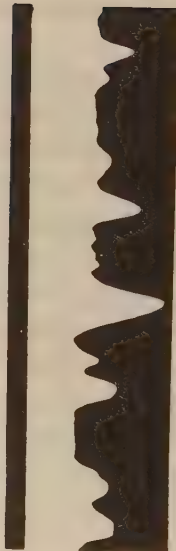


Abb. 21a

Finierergröße 0, mit Spray

Abb. 20a und 21a: Profilaufzeichnungen der Schmelzflächen (mit dem LEITZ-Oberflächenmeßgerät nach FORSTER) nach Bearbeitung mit 10 000 U/min.

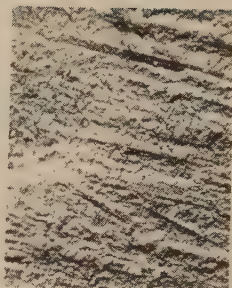


Abb. 21b

Finierergröße 0, mit Spray

Abb. 20b und 21b: Reliefmikroskopische Bilder der Schmelzflächen nach Bearbeitung mit 10 000 U/min.

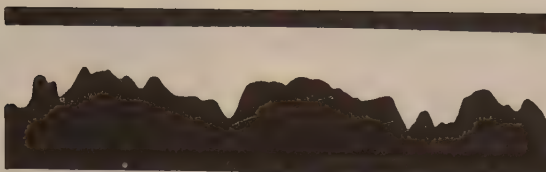


Abb. 22a: Finierergröße 1, mit Spray



Abb. 23a: Finierergröße 2, mit Spray



Abb. 24a: Finierergröße 3, mit Spray



Abb. 25a: Finierergröße 4, mit Spray



Abb. 26a: Finierergröße 5, mit Spray

Abb. 22a - 26a: Profilaufzeichnungen der Schmelzflächen
(mit dem LEITZ-Oberflächenmeßgerät nach FORSTER) nach Bear-
beitung mit 10 000 U/min.

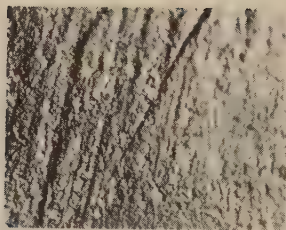


Abb. 22b
Finierergröße 1
mit Spray

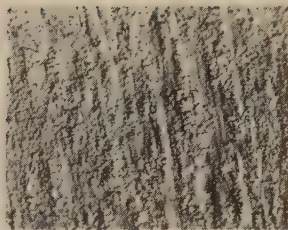


Abb. 23b
Finierergröße 2
mit Spray

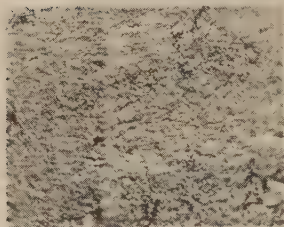


Abb. 24b
Finierergröße 3
mit Spray

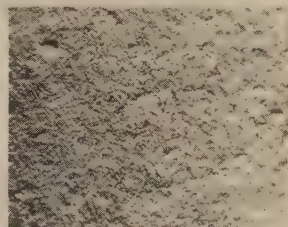


Abb. 25b
Finierergröße 4
mit Spray

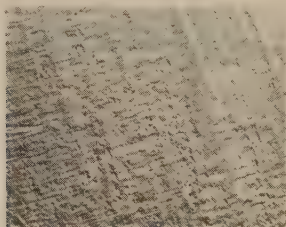


Abb. 26b
Finierergröße 5
mit Spray

Abb. 22b - 26b: Reliefmikroskopische Bilder der Schmelzflächen nach Bearbeitung mit 10 000 U/min.

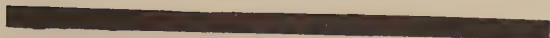



Abb. 27a: Finierergröße 1, ohne Spray

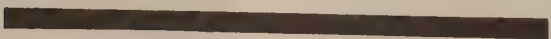


Abb. 28a: Finierergröße 1, mit Spray

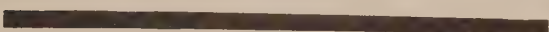


Abb. 29a: Finierergröße 3, mit Spray

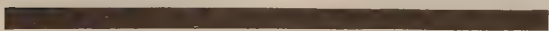


Abb. 30a: Finierergröße 5, mit Spray

Abb. 27a - 30a: Profilaufzeichnungen der Schmelzflächen
(mit dem LEITZ-Oberflächenmeßgerät nach FORSTER) nach Bear-
beitung mit 20 000 U/min.

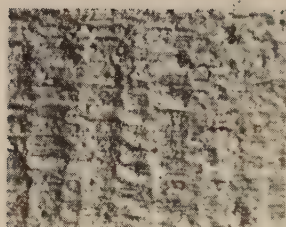


Abb. 27b
Finierergröße 1
ohne Spray

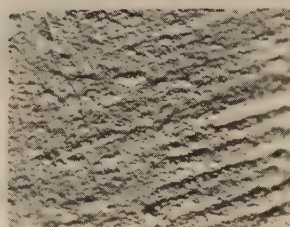


Abb. 28b
Finierergröße 1
mit Spray

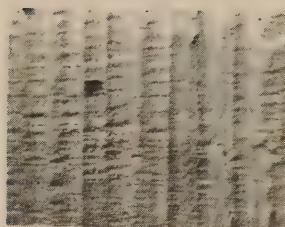


Abb. 29b
Finierergröße 3
mit Spray

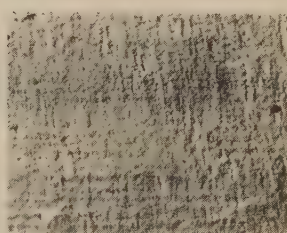


Abb. 30b
Finierergröße 5
mit Spray

Abb. 27b - 30b: Reliefmikroskopische Bilder der Schmelzflächen nach Bearbeitung mit 20 000 U/min.

Gruppe III

Untersuchungen über die Wirkung von zylinderförmigen Finierern der Größe 0 - 5 auf die Schmelzoberfläche bei einer Drehgeschwindigkeit von 30 000 U/min.

Auch bei dieser Gruppe konnten wir dieselbe Tendenz wie bei den vorhergehenden Gruppen beobachten und zwar, daß die unter Sprayanwendung geglätteten Versuchsflächen jeweils das bessere Ergebnis erbrachten (Abb. 31a und b, 32a und b). Vergleichen wir die Wirkung der einzelnen Finierergrößen untereinander, so sehen wir auch hier sehr deutlich, daß mit größer werdendem Durchmesser der verwendeten Instrumente die Feingestaltung der Schmelzoberfläche zunimmt (Abb. 32a und b bis 34a und b). Die noch vorhandenen starken Unebenheiten nach Anwendung des Finierers der Größe 0 schwächen sich schon ab beim Gebrauch des Finierers der Größe 1; die nächst größere Nummer besitzt einen noch stärker glättenden Effekt, und dieses Resultat wird dann wieder übertroffen durch den Finierer der Größe 3. Eine relativ ebene und gleichmäßige Beschaffenheit der Kavitätenwände wurde mit den Finierertypen der Größe 4 und 5 erzielt, wobei der letztere das beste Ergebnis zeigt.

Gruppe IV

Untersuchungen über die Wirkung von zylinderförmigen Finierern der Größe 0 - 5 auf die Schmelzoberfläche bei einer Drehgeschwindigkeit von 40 000 U/min.

Auch bei 40 000 U/min erfolgte die Verminderung der Unebenheiten der Schmelzoberfläche mit steigender Finierergröße. Ebenso wurde der günstige Effekt der Sprayanwendung bestätigt (Abb. 35a und b bis 38a und b).



Abb. 31a: Finierergröße 1, ohne Spray

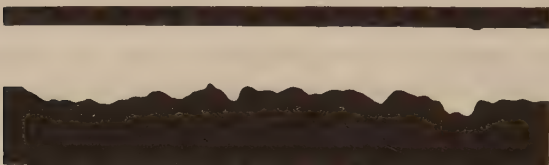


Abb. 32a: Finierergröße 1, mit Spray

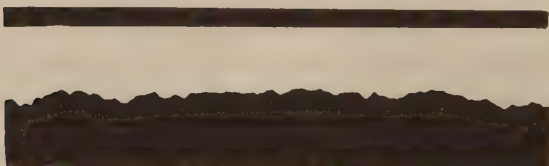


Abb. 33a: Finierergröße 3, mit Spray

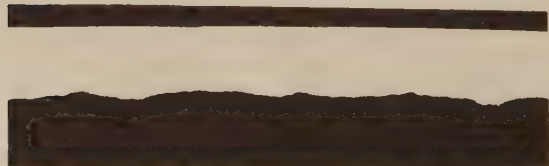


Abb. 34a: Finierergröße 5, mit Spray

Abb. 31a - 34a: Profilaufzeichnungen der Schmelzflächen
(mit dem LEITZ-Oberflächenmeßgerät nach FORSTER) nach Bear-
beitung mit 30 000 U/min.

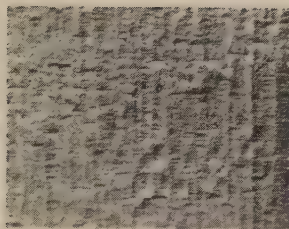


Abb. 31b
Finierergröße 1
ohne Spray

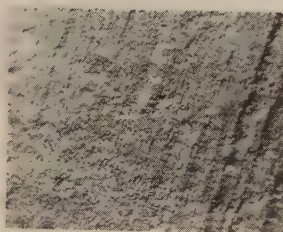


Abb. 32b
Finierergröße 1
mit Spray

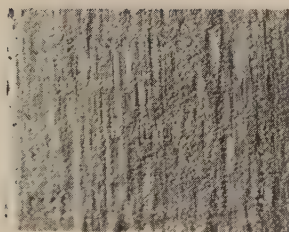


Abb. 33b
Finierergröße 3
mit Spray

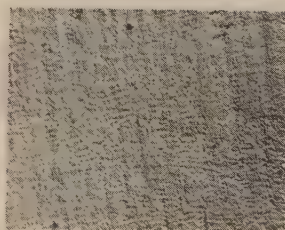


Abb. 34b
Finierergröße 5
mit Spray

Abb. 31b - 34b: Reliefmikroskopische Bilder der Schmelzflächen nach Bearbeitung mit 30 000 U/min.

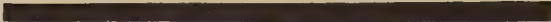



Abb. 35a: Finierergröße 1, ohne Spray

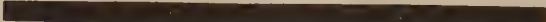


Abb. 36a: Finierergröße 1, mit Spray

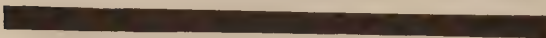


Abb. 37a: Finierergröße 3, mit Spray

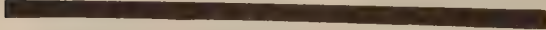


Abb. 38a: Finierergröße 5, mit Spray

Abb. 35a - 38a: Profilaufzeichnungen der Schmelzflächen
(mit dem LEITZ-Oberflächenmeßgerät nach FORSTER) nach Bear-
beitung mit 40 000 U/min.

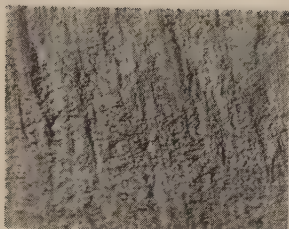


Abb. 35b
Finierergröße 1
ohne Spray

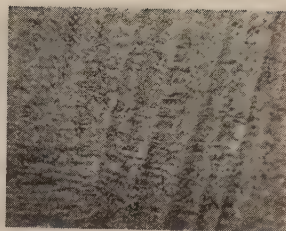


Abb. 36b
Finierergröße 1
mit Spray

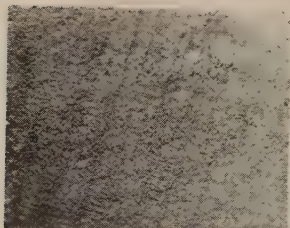


Abb. 37b
Finierergröße 3
mit Spray



Abb. 38b
Finierergröße 5
mit Spray

Abb. 35b - 38b: Reliefmikroskopische Bilder der Schmelzflächen nach Bearbeitung mit 40 000 U/min.

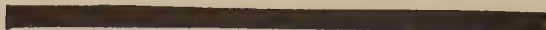


Abb. 39a: Finierergröße 1, ohne Spray



Abb. 40a: Finierergröße 1, mit Spray

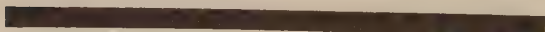


Abb. 41a: Finierergröße 3, mit Spray

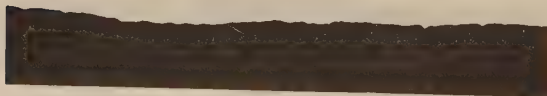
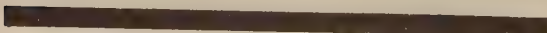


Abb. 42a: Finierergröße 5, mit Spray

Abb. 39a - 42a: Profilaufzeichnungen der Schmelzflächen
(mit dem LEITZ-Oberflächenmeßgerät nach FORSTER) nach Bear-
beitung mit 50 000 U/min.

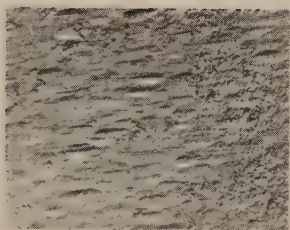


Abb. 39b
Finierergröße 1
ohne Spray

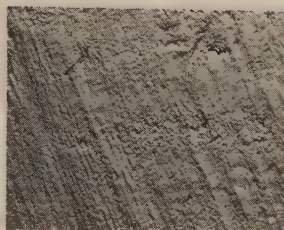


Abb. 40b
Finierergröße 1
mit Spray



Abb. 41b
Finierergröße 3
mit Spray

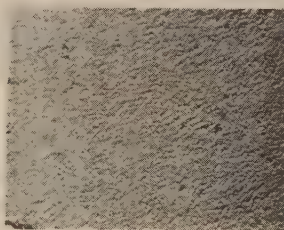


Abb. 42b
Finierergröße 5
mit Spray

Abb. 39b - 42b: Reliefmikroskopische Bilder der Schmelzflächen nach Bearbeitung mit 50 000 U/min.

Gruppe V

Untersuchungen über die Wirkung von zylinderförmigen Finierern der Größe 0 - 5 auf die Schmelzoberfläche bei einer Drehgeschwindigkeit von 50 000 U/min.

Ebenso wie bei allen anderen Gruppen erwiesen sich auch bei 50 000 U/min die im feuchten Milieu finierten Kavitätenwände nicht ganz so rauh wie die, bei denen der Wasserspray keine Anwendung gefunden hatte (Abb. 39a und b, 40a und b). Die glättende Wirkung der Finierer wird bei dieser Gruppe ganz besonders deutlich, vor allem, wenn wir einen Vergleich der mit den verschiedenen Finierergrößen bearbeiteten Schmelzoberflächen mit der Ausgangsfläche (Abb. 40a und b bis 42a und b), die mit dem Diamantsteinchen bearbeitet wurde, anstellen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß

- 1.) die Anwendung von Sprayflüssigkeit einen günstigen Einfluß auf die Feingestaltung der Schmelzoberfläche besitzt,
- 2.) der glättende Effekt der Finierer durch eine Erhöhung der Umdrehungsgeschwindigkeit gesteigert wird,
- 3.) die glättende Wirkung aber ganz besonders abhängig von der Finierergröße ist. Die Finierer mit dem stärkeren Durchmesser erzeugen eine weitaus bessere Oberfläche als die mit kleinerem Umfang.

II. Vergleichende thermometrische Untersuchungen über die Wirkung von zylinderförmigen Stahlfinierern

1. Allgemeine Betrachtung

Nach EICHNER werden die bei der Kavitätenpräparation auftretenden Schmerzempfindungen durch verschiedene mechanische Schmerzursachen ausgelöst (Abb. 43). Beim Gebrauch von Handinstrumenten (Exkavator) ruft der aufgewendete Arbeitsdruck Schmerzensationen hervor. Im normaltourigen Bereich (0 - 12 000 U/min) sind es die auftretenden Vibrationen des rotierenden Instrumentes zusammen mit dem Druck und der durch die Reibung zwischen Bohr- und Schleifkörper und der Zahnhartsubstanz entstehenden Wärme. Im hochtourigen Bereich (12 000 - 40 000 U/min) tritt die Schmerzauslösung durch Druck und Vibration in den Hintergrund und der thermische Faktor gewinnt das Übergewicht. Beim höchsttourigen Arbeiten (40 000 - 500 000 U/min) am Zahn ist jedoch ausschließlich die Temperatursteigerung für die Schmerzauslösung verantwortlich zu machen.



Abb. 43 (nach Eichner)

Mechanische Schmerzursachen. Schematische Darstellung von Druck, Vibration und Temperatur unter verschiedenartigen Bedingungen.

HENSEL und MANN fanden, daß thermische Reize, wie sie auch durch Bearbeiten der Zähne sowohl im trockenen als auch im feuchten Milieu mit rotierenden Instrumenten entstehen, zu Schmerzempfindungen führen, wenn der zur Schmerzauslösung erforderliche Wärme- oder Kältereiz die entsprechenden Schwellenwerte der Schmelzdehtingrenze ($47,7^{\circ}\text{C}$ und $26,4^{\circ}\text{C}$)

oder der Zahnpulpa ($48,9^{\circ}\text{C}$ und $24,6^{\circ}\text{C}$) über- bzw. unterschreitet.

Von großer Bedeutung ist jedoch nicht nur, welcher thermische Reiz eine Schmerzauslösung bewirkt, sondern vor allem, welche Temperaturen eine Schädigung des Zahnmarkes hervorzurufen imstande sind, denn die Vitalerhaltung der Pulpa sollte der oberste Grundsatz aller zahnärztlichen Maßnahmen sein.

Thermische Reize können patho-histologische Veränderungen und Reaktionen der Pulpa in verschieden großem Ausmaße verursachen. Der Umfang der Schädigung ist aber nicht nur von der Höhe der Temperatur, sondern auch von der Dauer ihrer Einwirkung abhängig.

Hohe Temperaturen führen nach HAMPERL sofort oder schon nach kurzer Zeit zu Verbrennungen. Aber auch niedrigere Temperaturen können bei entsprechend langer Einwirkzeit Schädigungen hervorrufen, wie die nachfolgende Aufstellung der Mindestzeiten, die für die Entstehung einer Verbrennung notwendig sind, zeigt:

47°	= 2 Std.
50°	= 5 Min.
58°	= 10 sec.
60°	= 5 sec.
65°	= 2 sec.

Diese für die äußere und innere Oberfläche des menschlichen Körpers von HAMPERL ermittelten Werte sind jedoch nicht ohne weiteres auf den Zahn übertragbar, da die Temperaturen erst eine dicke Schicht aus Zahnhartsubstanzen, nämlich Schmelz und Dentin durchdringen müssen. Hierdurch wird der die Pulpa erreichende Temperaturreiz aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit der beiden Hartsubstanzen nicht unwesentlich abgeschwächt.

Deshalb ist es verständlich, daß beim Präparieren am Zahn wesentlich höhere Temperaturen erforderlich sind, als sie von HAMPERL angegeben wurden, um Schädigungen der Pulpa hervorrufen zu können. Solche Temperaturen werden bei der Präparation mit rotierenden Schleifinstrumenten im höchsttou-

rigen Bereich erzielt. Die dabei auftretenden patho-histologischen Veränderungen der Pulpa als Folge der auf die Zahnhartsubstanzen einwirkenden Reize beschrieben u.a. EICHNER, FUHR, HOFMANN, KLUCZKA, STÜBEN und WEDER.

Zusammenfassend gibt WEDER die möglichen histologischen Veränderungen der Pulpa durch thermische Einwirkungen in nachfolgender Zusammenstellung wieder:

1. Veränderungen des Dentins
2. Odontoblastenkerne in den Dentinkanälchen
3. Unterbrechung der pulpo-dentinalen Membran
4. Hohlräume im Pulpengewebe
5. Vakuolen in der Odontoblastenschicht
6. Geschrumpfte und reduzierte Odontoblasten
7. Verwaschene und unscharfe Begrenzung der Odontoblastenschicht
8. Veränderte Gefäße (vermehrt und vergrößert)
9. Infiltrationszellen im Gewebe
10. Mikrohämorrhagien
11. Exsudate und ödematöse Durchtränkung des Pulpengewebes
12. Nekrose

Aber gleichzeitig wird von WEDER auf die Problematik in der Auswertung histologischer Befunde hingewiesen, die darauf beruht, daß die Reaktion der Pulpa auf exogene Einflüsse, also auch thermische Reize, abhängig vom Ausgangszustand des Zahnmarkes sind. Durch kariöse Defekte vorgeschädigte Pulpen werden im allgemeinen stärker reagieren als gesunde. Da außerdem nach KLUCZKA und O. MÜLLER eine vollkommen intakte Pulpa histologisch gesehen eine Rarität darstellt, ist erst recht ein Vergleich zwischen mehreren Pulpen und solchen von verschiedenen Zahneinheiten sowie verschiedenen Untersuchungspersonen als äußerst schwierig zu bezeichnen.

Diese Schwierigkeiten zu umgehen und trotzdem zu allgemeingültigen Aussagen zu kommen, wählte EBERT den Weg der thermometrischen Messung am Pulpenkammerdach, während der Versuchszahn Reizen, wie sie auch beim Genuß von heißen Flüssigkeiten (55°C) auftreten, ausgesetzt wurde. Der Autor nimmt wohl mit Recht an, daß es sich bei diesen Wärmegraden um

"thermophysiologische" Reize handelt, die nicht zu irreversiblen Schädigungen der Pulpa führen dürften. EBERT ließ Wasser von 55°C drei Sekunden lang auf den Schmelz von Eckzähnen, Prämolaren und Molaren einwirken, während gleichzeitig die Temperaturerhöhungen im Pulpenkavum gemessen wurden. Der hierbei gefundene höchste Wärmewert betrug $44,6^{\circ}\text{C}$ wie Abbildung 44 zeigt.

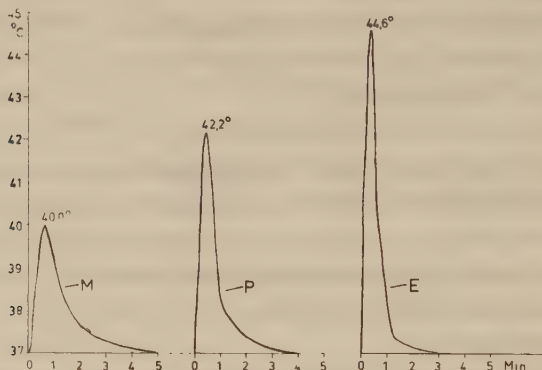


Abb. 44 (nach Ebert)

Temperaturverlauf am Pulpakammerdach eines gesunden Molaren (M), Prämolaren (P) und Eckzahnes (E) bei Umspülung mit Wasser von 55°C .

2. Untersuchungsmethode

Zur Durchführung unserer Versuche verwendeten wir die schon im ersten Teil beschriebenen zylindrischen Finierer vom Typ "KOMET" 21a (Firma BRASSELER) mit flachen, senkrechten Schneiden in den Größen 0 - 5.

Für unsere Untersuchungen standen uns frisch extrahierte, kariesfreie und nicht gefüllte untere und obere Molaren und Prämolaren von Patienten unterschiedlichen Alters zur Verfügung, die bis zu ihrer Verwendung in 4%iger Formalinlösung aufbewahrt wurden.

Wir verzichteten genauso, wie bei unseren oberflächenhistologischen Untersuchungen, auf eine spezielle Apparatur zur Konstanthaltung des Auflagedruckes, um den Gegebenheiten in der zahnärztlichen Praxis möglichst nahe zu kommen. Individuelle Unterschiede in der Handhabung der glättenden Instrumente testeten wir in Vorversuchen an vier Kollegen. Dabei traten jedoch nur geringgradige Unterschiede in der Temperaturentwicklung auf, so daß wir auch hier auf die Erwähnung dieser feinen Differenzen bei unseren Untersuchungsergebnissen verzichtet haben.

Alle Versuche mit den obenerwähnten Finierern führten wir sowohl mit als auch ohne Spraykühlung unter Verwendung folgender fünf Umdrehungsgeschwindigkeiten durch:

- 1.) 10 000 U/min
- 2.) 20 000 U/min
- 3.) 30 000 U/min
- 4.) 40 000 U/min
- 5.) 50 000 U/min

Auch für diesen Teil unserer Untersuchungen stand uns wie im ersten Abschnitt die schnurgetriebene Bohrmaschine "DEXTRADONT" der Firma SIEMENS zur Verfügung, die eine Umdrehungsgeschwindigkeit des glättenden Instruments bis zu 15 000 U/min gestattet. Zur Tourenzahlsteigerung benutzten wir sowohl ein fabrikneues INTRA-Winkelstück (Firma KaVo), das die Ausgangsgeschwindigkeit verdoppelt, als auch eine Schnellaufgleitverbindung

Nr. 429 ULTRA (Firma KaVo), die ein Übersetzungsverhältnis von 1 : 3 erbringt.

Alle Instrumente und Geräte, die wir für unsere Versuche benötigten, waren fabrikneu.

Zur Nachahmung der natürlichen Verhältnisse benutzten wir die nachfolgend beschriebene Apparatur (Abb. 45), um die geforderte Ausgangstemperatur von $36,5^{\circ}\text{C}$ im Pulpakavum unserer Versuchszähne zu erhalten.

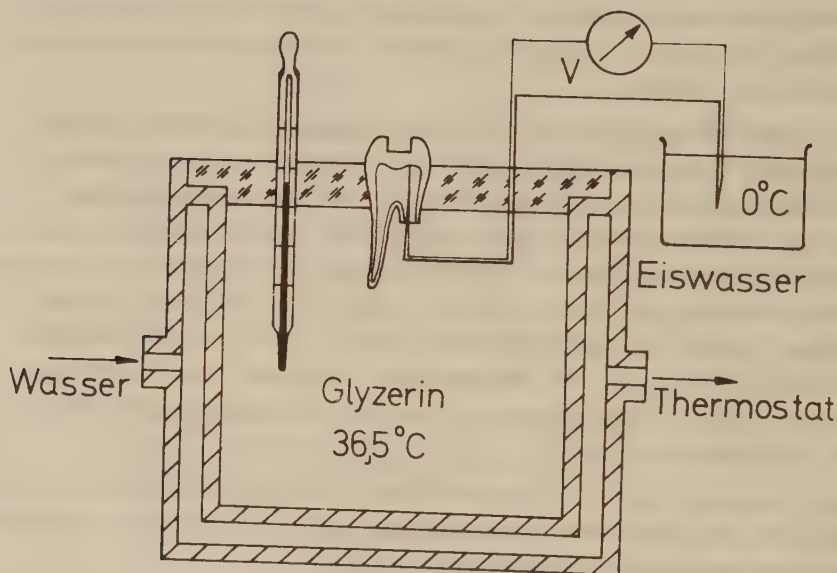


Abb. 45

Versuchsanordnung zur Messung von Temperaturen am Pulpakammerdach beim Finieren okklusaler und approximal-okklusaler Kavitäten.

Ein aus Messing bestehendes Rundgefäß von 13 cm Höhe und 10 cm innerem Durchmesser wurde im Abstand von 2 cm von einem aus dem gleichen Metall hergestellten Mantel umgeben. Der so erhaltene Hohlraum stand durch einen Zu- und Abflußschlauch mit einem KOLORA-ULTRA-THERMOSTAT Typ K in Verbindung. In dem äußeren Hohlraum des Versuchsgefäßes zirkulierte aqua destil-

lata von $36,5^{\circ}\text{C}$. Der innere mit Glyzerin angefüllte Hohlraum war mit einem Plexiglasdeckel verschlossen. In letzterem befanden sich drei Öffnungen, wovon die eine den Versuchszahn, die zweite ein Thermometer zur Kontrolle der Gefäßinnentemperatur aufnahm, während die dritte Öffnung die Durchlaßstelle für ein Thermoelement darstellte.

Bei der einen Hälfte unserer Versuchszähne führten wir eine kastenförmig okklusale Präparation (BLACK I) mit Hilfe eines Diamantsteinchens Nr. 26 A der Firma DRENDEL & ZWEILING und bei der anderen Hälfte eine kastenförmig approximal-okklusale Präparation (BLACK II) durch, wobei der Abstand zwischen Kavitätenboden und Pulpakammerdach durchschnittlich 2 - 2,5 mm betrug.

Nach Abtrennung der Wurzeln der Versuchszähne erhielten wir einen direkten Zugang zum Pulpakavum, durch den wir unter Sichtkontrolle die eine Lötstelle des von uns benutzten Kupfer-Konstantan-Draht-Thermoelementes (0,1 mm Ø) bis zum Pulpakammerdach einführten. Danach wurde die verbliebene Öffnung mittels Phosphatzements verschlossen, was gleichzeitig der Fixation der Thermoelementspitze diente. Die andere Lötstelle brachten wir in schmelzendes Eis und schalteten in den einen Draht ein Spiegelgalvanometer ein. In Vorversuchen eichten wir das Galvanometer derart, daß einem Grad C zehn Skalenteile des Spannungsmessers entsprachen. Alle zehn Sekunden erfolgte das Ablesen auf dem Galvanometer. Die so vorbereiteten Versuchszähne wurden bis zur Schmelzzementgrenze in der für sie vorgesehenen Öffnung mit Kupferzement befestigt.

3. Untersuchungsergebnisse

Unsere Untersuchungen über die Wirkung der zylinderförmigen Finierer auf die Kavitätenwände und -ränder zeigten, daß es nicht unerheblich ist, welche Finierergrößen und Umdrehungsgeschwindigkeiten der Zahnarzt zur Beseitigung der durch den Präparationsakt entstandenen Rauigkeiten benutzt. In dem hier vorliegenden Teil der Arbeit sollte nun untersucht werden, welchen Einfluß die beiden eben genannten Faktoren (Finierergröße und Umdrehungsgeschwindigkeit) auf den Temperaturablauf im Pulpakavum besitzen. Ebenso wichtig erschien uns auch die Klärung der Frage, inwieweit die Spraykühlung einen Einfluß auf die beim Finieren am Zahn entstehende Reibungswärme nimmt.

Da, wie zuvor schon erwähnt wurde, neben der Höhe der Temperatur die Dauer ihrer Einwirkung auf den Zahn und damit auch auf die Pulpa für die Schädigung ausschlaggebend ist, stoppten wir die reinen Finierzeiten, die mehrere Kollegen zum Glätten von okklusalen und approximal-okklusalen Kavitäten benötigten; im allgemeinen liegen sie zwischen 30 und 60 Sekunden, weshalb wir unsere Versuchsdauer auf eine Minute festlegten.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen haben wir in zwei Hauptgruppen unterteilt. In der ersten Gruppe berichten wir über die Temperaturentwicklung beim Finieren einer okklusalen Kavität und in der zweiten Gruppe über den Wärmeverlauf im Pulpakavum der Versuchszähne, bei denen approximal-okklusale Kavitäten einer glättenden Nachbehandlung unterzogen wurden. Jede der beiden Gruppen erfuhr eine weitere Teilung in zwei Untergruppen, wobei wir die im trockenen Milieu durchgeführten Finierversuche in der ersten und die unter Verwendung von Spraykühlung zur Durchführung gelangten Untersuchungen in der zweiten Gruppe zusammenstellten. Die Mittelwerte unserer Versuche trugen wir in Diagramme ein.

Hauptgruppe I

Thermometrische Untersuchungen über die Wirkung von Stahlfinierern bei okklusalen Kavitäten

Versuchsgruppe a

Okklusale Kavitäten - ohne Spraykühlung

10 000 - 50 000 U/min - Finierergrößen 0 bis 5

Wie aus den Abbildungen (Abb. 46a - e) zu entnehmen ist, treten bei allen Umdrehungsgeschwindigkeiten mit fortschreitender Zeit Temperaturerhöhungen auf, die erwartungsgemäß bei den mit 50 000 U/min durchgeführten Versuchen am größten waren. Ferner konnten wir feststellen, daß innerhalb der einzelnen Umdrehungsgeschwindigkeiten die Temperaturerhöhungen unterschiedliche Werte besaßen: bei den großen Finierern waren sie stets höher als bei den mit kleineren Durchmessern.

Vergleichen wir die Endtemperaturen unserer Untersuchungen nach 60 Sekunden Finierzeit mit dem schon erwähnten nach EBERT angegebenen "physiologischen" Wärmewert ($44,6^{\circ}\text{C}$), so können wir feststellen, daß bei 10 000 sowie bei 20 000 U/min keine Schädigungen beim glättenden Bearbeiten okklusaler Kavitäten im trockenen Milieu mit allen untersuchten Finierergrößen zu erwarten sind.

Erst die unter Verwendung der Finierergrößen 4 und 5 mit 30 000 U/min durchgeführten Versuche zeigten nach 60 Sekunden Temperaturwerte, die um ein Geringes (bis 1°C) über der $44,6^{\circ}\text{C}$ -Marke lagen.

Wie die grafische Darstellung Abbildung 46d unserer Untersuchungen mit 40 000 U/min erkennen läßt, überschritten alle Finierergrößen mit Ausnahme der Größe 0 das von EBERT angegebene Wärmelimit. Das glättende Instrument der Größe 1 übersteigt diesen Zahlenwert um $0,6^{\circ}\text{C}$, das der Größe 2 um $1,6^{\circ}\text{C}$, die Finierer der Größen 3 und 4 um $2,1^{\circ}\text{C}$ bzw. um $2,4^{\circ}\text{C}$ und schließlich erreichte der Finierer mit dem größten Durchmesser

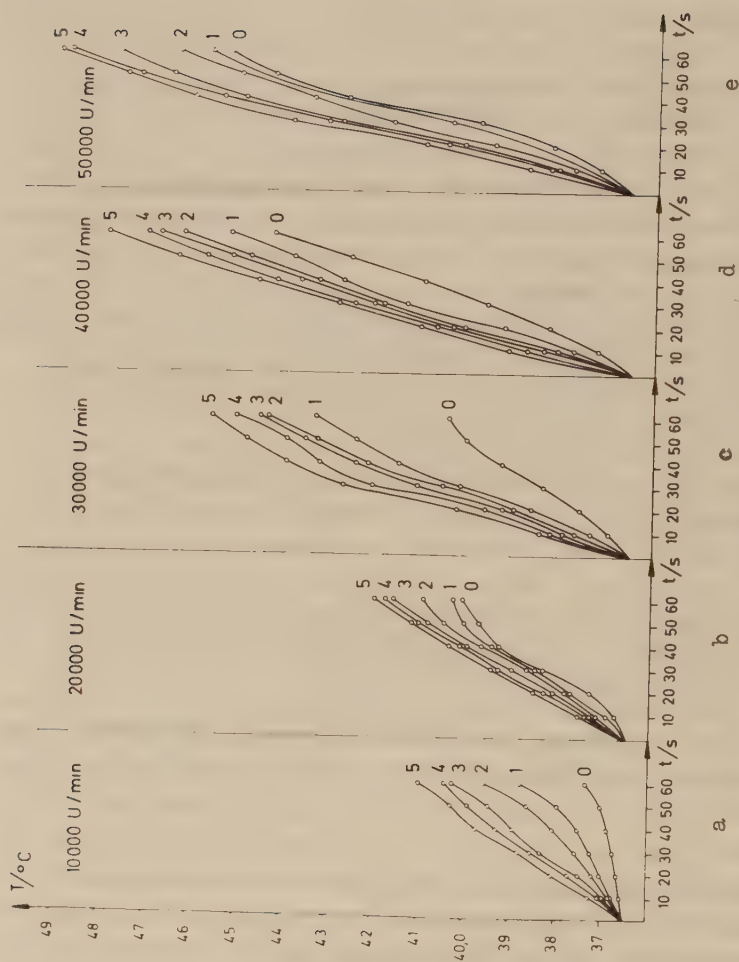


Abb. 46a - e

Grafische Darstellung der am Pulpakammerdach gemessenen Temperaturen nach dem Finieren einer okklusalen Kavität mit Finierern der Größe 0 - 5 ohne Spray bei unterschiedlichen Umdrehungsgeschwindigkeiten

nach 60 Sekunden Finierzeit die Endtemperatur von $47,9^{\circ}\text{C}$.

Betrachten wir die grafische Darstellung Abbildung 46e, dann fällt auf, daß bei den mit 50 000 U/min durchgeführten Versuchen, insbesondere bei den großen Finierern, am Ende der Finierzeit Wärmegrade im Pulpakavum unserer Versuchszähne gemessen wurden, die zu Pulpaschädigungen führen könnten. Entsprechend der einzelnen Finierergrößen fanden wir folgende Temperaturerhöhungen: $0,6^{\circ}\text{C}$ (Fin.Gr. 0), $1,1^{\circ}\text{C}$ (Fin.Gr. 1), $1,7^{\circ}\text{C}$ (Fin.Gr. 2), $3,1^{\circ}\text{C}$ (Fin.Gr. 3), $4,1^{\circ}\text{C}$ (Fin.Gr. 4), $4,3^{\circ}\text{C}$ (Fin.Gr. 5).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß der "thermophysiologische Grenzwert" von $44,6^{\circ}\text{C}$ bei 30 000 U/min erst mit Finierern der Größen 4 und 5 und bei 40 000 U/min ab Größe 1 sowie bei 50 000 U/min bei allen Finierergrößen überschritten wird.

Der von HENSEL und MANN mit $48,9^{\circ}\text{C}$ definierte Wärmeschmerzschwellenwert der menschlichen Zahnpulpa wurde zwar lediglich von dem größten Finierer und unter Anwendung der höchsten Umdrehungszahl erreicht. Jedoch können - und dieses steht in keinem Widerspruch zu dem obengesagten - schon geringere Temperaturwerte zu Schmerzen führen, wie auch die Praxis ergibt, da der Schmerzschwellenwert des Dentins bei $47,7^{\circ}\text{C}$ (HENSEL und MANN) liegt. Diese hohe Temperaturempfindlichkeit des Zahnbeins beruht darauf, daß "das normale Dentin in den zahlreichen Odontoblastenfortsätzen und vielleicht noch vorhandenen Nervenfasern ein ausgeprägtes Reizleitungssystem" (WANNEN-MACHER) besitzt.

Außerdem ist zu berücksichtigen, daß allein schon durch Berührung des Dentins Schmerzen ausgelöst werden können. Wie jedem praktisch tätigen Zahnarzt bekannt ist, werden durch das vorsichtige Abtasten der Kavitätenflächen eines vitalen Zahnes mit einer Sonde unangenehme Reaktionen beim Patienten ausgelöst. Die große Berührungsempfindlichkeit des Dentins beruht ebenfalls auf dem obenerwähnten Reizleitungssystem.

Auch STÜBEN und HOPPE stellten thermometrische Untersuchungen an Zähnen außerhalb der Mundhöhle an, die beim höchsttourigen

Bearbeiten von Dentinpartien ohne Kühlmittelanwendung - vergleichbar mit unseren Finierversuchen mit 50 000 U/min - zu Ergebnissen führten, die sich weitgehend mit den von uns erzielten decken.

Versuchsgruppe b

Okklusale Kavitäten - mit Spray

10 000 - 50 000 U/min - Finierer größen 0 bis 5

Bei allen Umdrehungsgeschwindigkeiten in dieser Gruppe, bei denen die Spraykühlung Verwendung fand, fielen die Temperaturen nach 60 Sekunden Finierzeit unter den Ausgangswert von $36,5^{\circ}\text{C}$, wobei die mit 50 000 U/min glättend bearbeiteten Versuchszähne im Pulpakavum den geringsten Wärmeabfall aufwiesen, wie die Abbildungen 47a - e zeigen.

Ferner konnten wir feststellen, daß nicht nur zwischen den einzelnen Umlaufgeschwindigkeiten unterschiedliche Temperaturentwicklungen zu beobachten waren, sondern auch innerhalb der einzelnen Drehzahlbereiche bei Anwendung der verschiedenen Finierergrößen variierende Temperatursenkungen auftraten, wobei das glättende Instrument mit dem größten Durchmesser jeweils die geringste Differenz zwischen Ausgangs- und Endwert erbrachte.

Unsere Untersuchungsergebnisse decken sich wiederum mit denen von HOPPE und STÜBEN, die bei einer Bearbeitung von Zahnhartsubstanzen unter Wasserkühlung im höchsttourigen Bereich - vergleichbar mit unserem Drehzahlbereich von 50 000 U/min - immer einen Temperaturabfall unter den Ausgangswert feststellten.

Nach HAMPERL ist eine örtlich vorübergehende Herabsetzung der Körpertemperatur möglich, ohne zu irreversiblen Schädigungen zu führen, wobei allerdings die Faktoren der Einwirkzeit und der Temperaturhöhe zu beachten sind. Er führt an, daß heute vielfach bei manchen Operationen eine allgemeine Unterkühlung der Körpertemperatur bis auf 29°C als therapeutische Maßnahme sogar über einen Zeitraum von mehreren Stunden getroffen wür-

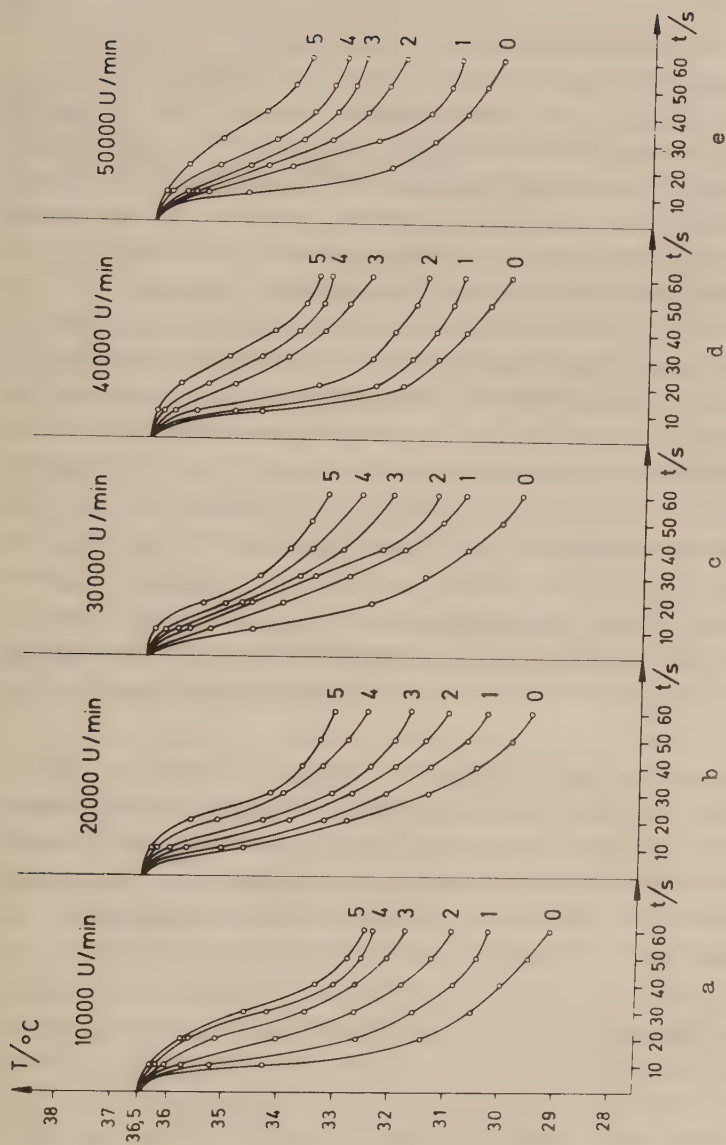


Abb. 47a - e

Grafische Darstellung der am Pulpakammerdach gemessenen Temperaturen nach dem Finieren einer okklusalen Kavität mit Finieren der Größe 0 - 5 mit Spray bei unterschiedlichen Umdrehungsgeschwindigkeiten

de. Ferner ist eine zeitweilige lokale Unterkühlung der Haut auf $+4^{\circ}\text{C}$, und der tieferen Gewebe auf $+6^{\circ}\text{C}$ bis $+16^{\circ}\text{C}$ vertretbar, wenn die Wiedererwärmung vorsichtig durchgeführt wird (HAMPERL).

Da es bei den erwähnten niedrigen Temperaturen zu einer Schmerzunempfindlichkeit kommt, wurde diese Methode der Kälteanästhesie auch in der Zahnheilkunde bei der Kavitätenpräparation zum schmerzlosen Arbeiten im Dentin verwendet. Wie Untersuchungen von OVERDIEK mit dem NONDOLOR-Gerät bei einer größeren Anzahl von Patienten ergaben, ließen sich nach relativ kurzem Einwirken von unterkühlter Luft ($+1^{\circ}\text{C}$ bis $+4^{\circ}\text{C}$) auf die Zähne keine klinischen Kälteschäden feststellen. KLUCZKA, der mit dem gleichen Gerät zur Herstellung einer Kälteanästhesie arbeitete, fertigte histologische Schnitte von Zähnen an, die 10 Minuten lang einer Temperatur von $+1^{\circ}\text{C}$ ausgesetzt waren und fand bei diesen keine patho-histologischen Veränderungen der Pulpa.

Auch die in der zahnärztlichen Praxis verwendeten Mittel zur Prüfung der Vitalität der Pulpa basieren z.T. auf dem Prinzip der Kälteprobe (REBEL), wobei Eis, Chloräthyl und Kohlesäureschnee zur Anwendung gelangen. Die hierbei kurzfristig in der Pulpa erzeugten Temperaturen liegen teilweise weit unter unseren in dieser Versuchsgruppe gefundenen Endtemperaturen.

Der Kälteschmerzschwellenwert des gesunden Dentins $26,4^{\circ}\text{C}$ (HENSEL und MANN) wird möglicherweise durch die niedrigsten Temperaturen unserer Versuche erreicht, in keinem Falle aber liegen, wie unsere Untersuchungen zeigen konnten, die gemessenen Temperaturen unterhalb des von HENSEL und MANN mit $24,6^{\circ}\text{C}$ angegebenen Kälteschmerzschwellenwertes der Pulpa.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß eine irreversible Schädigung des Zahnmarkes und ein reiner Pulpenschmerz beim Finieren okklusaler Kavitäten mit den von uns untersuchten glättenden Instrumenten bei den fünf verschiedenen Drehzahlbereichen unter Anwendung von Spraykühlung nicht zu erwarten sind.

Hauptgruppe II

Thermometrische Untersuchungen über die Wirkung von Stahlfinierern bei approximal-okklusalen Kavitäten

Versuchsgruppe a

AO-Kavitäten - ohne Spraykühlung

10 000 - 50 000 U/min - Finierergrößen 0 bis 5

Für die in dieser Versuchsgruppe zusammengestellten Untersuchungen über den Wärmeverlauf am Pulpakammerdach beim Finieren von approximal-okklusalen Kavitäten im trockenen Milieu trifft die gleiche schon bei der Versuchsgruppe Ia gemachte Feststellung zu, daß bei allen von uns gewählten Umdrehungsgeschwindigkeiten Temperaturerhöhungen auftreten, die mit fortschreitender Finierzeit Steigerung erfahren. Die höchsten Werte erhielten wir, wie den Abbildungen 48a - e zu entnehmen ist, bei den Versuchen, die mit 50 000 U/min durchgeführt wurden.

Innerhalb der einzelnen Umdrehungsgeschwindigkeiten, erzielten wir die höchsten Temperaturwerte durch die Finierer mit dem größten Umfang.

Nach 60 Sekunden Finierzeit traten weder bei den mit 10 000 U/min noch bei den mit 20 000 U/min durchgeführten Versuchen am Pulpakammerdach Temperaturen auf, die den von EBERT angegebenen Wert von $44,6^{\circ}\text{C}$ überschritten. Mithin ist eine Schädigung der Pulpa beim Finieren unter den vorgenannten Bedingungen unwahrscheinlich. Erst der Finierer mit dem größten Umfang übersteigt bei 30 000 U/min den erwähnten Temperaturwert um $0,2^{\circ}\text{C}$. Unter dem Wärmelimit liegen in den beiden folgenden Drehzahlbereichen (40 000 und 50 000 U/min) lediglich die kleinsten Finierergrößen, alle übrigen überschritten die $44,6^{\circ}\text{C}$ - Marke teilweise erheblich, erwartungsgemäß die großen Finiererdurchmesser besonders stark.

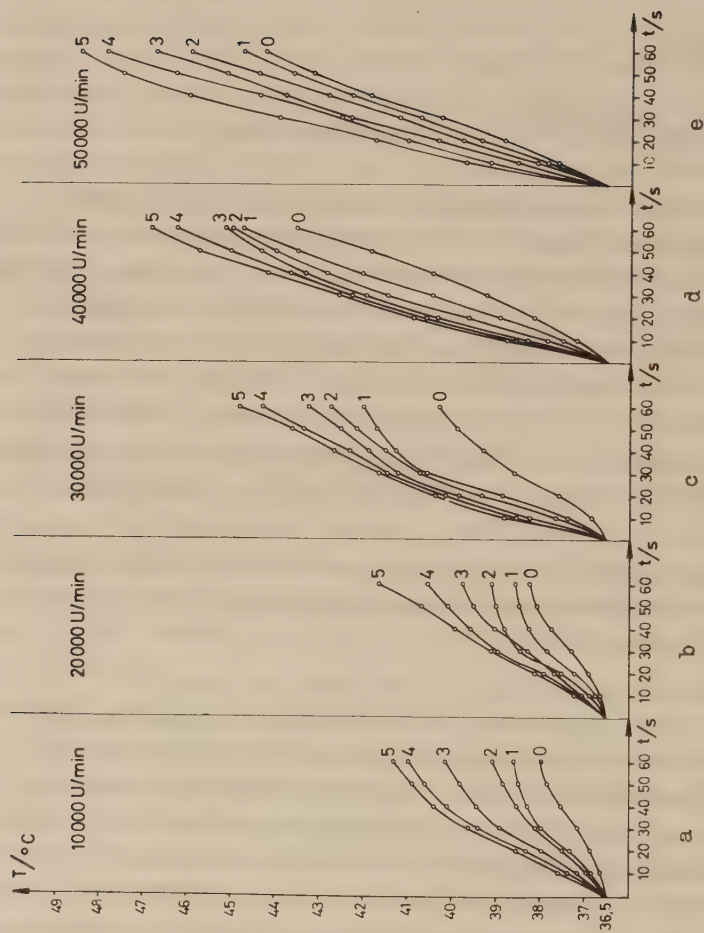


Abb. 48a - e

Grafische Darstellung der am Pulpakammerdach gemessenen Temperaturen nach dem Finieren einer approximal-okklusalen Kavität mit Finiern der Größe 0 - 5 ohne Spray bei unterschiedlichen Umdrehungsgeschwindigkeiten

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der Finierer der Größe 5 bei Anwendung von 30 000 U/min sowie die Finierer der Größen 1 - 5 bei 40 000 und 50 000 U/min nach 60 Sekunden Finierzeit ohne Spraykühlung Temperaturen erbringen, bei denen die Möglichkeit einer Pulpenschädigung nicht auszuschließen ist.

Der zur Auslösung eines Schmerzempfindens seitens des Zahnnarkes von HENSEL und MANN gefundene thermische Reizschwellenwert von $48,9^{\circ}\text{C}$ wurde von keinem unserer verwendeten Finierergrößen und bei keiner Umdrehungsgeschwindigkeit erreicht. Hiernach dürfte ein glättendes Nachbehandeln approximal-okklusaler Kavitäten in den von uns gewählten Drehzahlbereichen keinen reinen Pulpenschmerz verursachen, selbst wenn - wie in dieser Versuchsgruppe - ohne Spraykühlung gearbeitet wird, wobei allerdings der Schmerzschwellenwert des gesunden Dentins unberücksichtigt bleibt. Dieser konnte, wie schon zuvor betont, nicht erreicht werden, was sich aber mit unserer Versuchsanordnung nicht feststellen läßt.

Erwähnenswert erscheinen uns in diesem Zusammenhang die von WEDER bei ihren Untersuchungen über die Veränderungen der Pulpa des menschlichen Zahnes nach Beschleifen mit hohen und höchsten Umdrehungsgeschwindigkeiten gemachten Feststellungen, daß auch bei histologisch auffallend veränderten Pulpen klinische Symptome selten waren.

Versuchsgruppe b

AO-Kavitäten - mit Spraykühlung

10 000 - 50 000 U/min - Finierergrößen 0 bis 5

Auch in dieser Versuchsgruppe läßt sich bei vergleichender Betrachtung (Abb. 49a - e) die Feststellung machen, daß in den fünf von uns gewählten Drehzahlbereichen bei Verwendung von Spraykühlung die Temperaturen am Pulpakammerdach stets unter den Ausgangswert von $36,5^{\circ}\text{C}$ absinken. Zwischen den bei 10 000 und 50 000 U/min gemessenen Temperaturen bestand kein wesentlicher Unterschied. Dieser unerwartete Befund läßt sich eventuell auf die aus der Praxis bekannte Tatsache zurück-

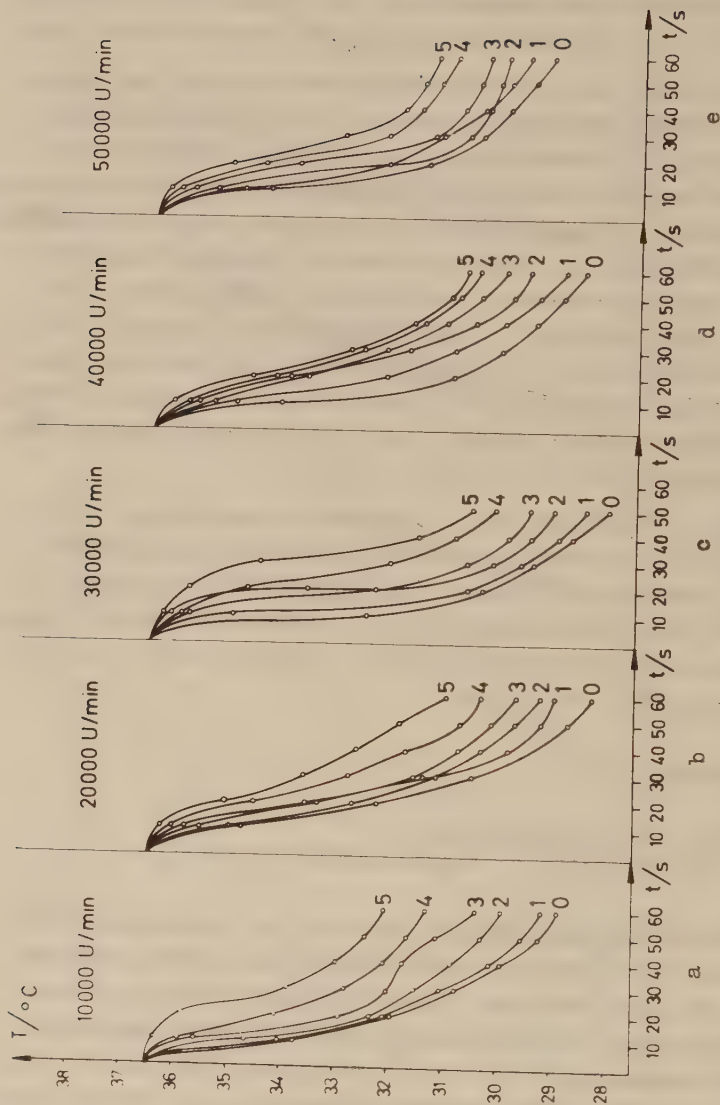


Abb. 49a - e

Grafische Darstellung der am Pulpakammerdach gemessenen Temperaturen nach dem Finieren einer approximal-okklusalen Kavität mit Finiernern der Größe 0 - 5 mit Spray bei unterschiedlichen Umdrehungsgeschwindigkeiten

führen, daß man bei geringen Umdrehungsgeschwindigkeiten leicht geneigt ist, den Druck unbeabsichtigt zu erhöhen, was logischerweise eine Temperatursteigerung bewirkt.

Aber nicht nur von Umdrehungsgeschwindigkeit zu Umdrehungsgeschwindigkeit variierten die Temperaturen, auch innerhalb der einzelnen Drehzahlbereiche selbst ließen sich bei Verwendung unterschiedlich großer Finiererumfangs - genau wie bei den okklusalen Kavitäten - verschieden hohe Temperatursenkungen erkennen, wobei die Differenzen zwischen Ausgangswert und Endtemperatur bei den Finierern mit den größten Durchmessern am geringsten waren.

Schmerzszensationen seitens der Pulpa auf Kältereiz sind nicht zu erwarten, da der Schmerzschwellenwert von $24,6^{\circ}\text{C}$ (HENSEL und MANN) in dieser Versuchsgruppe nicht erreicht wurde. Ob der Schmerzschwellenwert des Dentins beim Arbeiten mit Spraykühlung unterschritten wird, läßt sich aufgrund unserer Versuchsanordnung nicht feststellen.

Die schon bei den Untersuchungsergebnissen der Testserie Ib angestellten kritischen Betrachtungen über die Schädigungsmöglichkeiten der Pulpa gelten auch für approximal-okklusale Kavitäten: irreversible pathologische Veränderungen des Zahnmарkes sind beim glättenden Nachbearbeiten mit zylinderförmigen Finierern der Größen 0 - 5 in den Drehzahlbereichen 10 000 bis 50 000 U/min bei Verwendung von Sprayflüssigkeit nicht zu erwarten.

III. Schlußbetrachtung

Um der Entstehung einer sekundären Randkaries vorzubeugen, muß vor allem auf eine exakte Kavitätenpräparation geachtet werden. Neben der von BLACK geforderten Extension for prevention ist ganz besonderer Wert auf die Gestaltung der Kavitätenränder zu legen. Ausgezackte und zerklüftete Ränder bieten den kariogenen Noxen eine wesentlich größere Angriffsfläche als glatte Präparationskanten.

Außerdem ist auch den Kavitätenwänden große Aufmerksamkeit zu schenken. In der Literatur wurde wiederholt darauf hingewiesen, daß die bei zerfurchten und rauhen Kavitätenwänden stets in großer Zahl vorhandenen angeschnittenen Schmelzprismen ebenso wie die Schmelzzacken bei schartigen Kavitätenrändern durch den Kaudruck leicht abgesprengt werden können.

"Aber auch bei Kavitäten bzw. Kavitätenabschnitten, die keinem Kaudruck bzw. keinem direkten Kaudruck ausgesetzt sind, bilden die Prismenendstücke ein locus minoris resistentiae, da anzunehmen ist, daß ihr Zusammenhang mit dem Gesamtverband der Prismen durch den Präparationsakt gelockert wurde, so daß die kariogenen Noxen hier besonders leicht angreifen bzw. eindringen können" (PANTKE).

Aus dem eben gesagten ergibt sich, daß zur Vermeidung von sekundärer Randkaries eine glättende Nachbehandlung der Kavitäten unbedingt erforderlich ist. Hierfür werden in der Literatur die verschiedensten Instrumente empfohlen. HESS läßt dem behandelnden Zahnarzt die Wahl zum Einebnen rauher Zahnhartsubstanzflächen zwischen Schmelzmeißel, Steinchen, Finierer oder Papierscheibe. BLACK dagegen empfiehlt den feingekörnten Karborundumstein und REBEL sieht in nicht zu groben Steinchen einen Vorteil gegenüber glättenden Handinstrumenten. Für MILLER ist der Finierbohrer das ideale Instrument zum Glätten der Kavitätenränder und Kavitätenwände.

Vergleichende Untersuchungen von PANTKE über die Wirkung der verschiedenen Präparationsinstrumente, die später von ONTRUP

bestätigt wurden, ergaben, daß sich mit Stahlfinierern und Sandpapierscheiben die glättesten Präparationsflächen und -ränder erzielen lassen.

Unsere Aufgabe war es festzustellen, ob die Finierergröße, die Umdrehungsgeschwindigkeit, das Arbeiten im trockenen oder feuchten Milieu und das "einlaufende" oder "auslaufende" Finieren einerseits eine wesentliche Verbesserung der Glätte von Präparationskanten und -wandungen herbeiführt und ob andererseits der hierbei auftretende Wärmeverlauf die Pulpa schädigen kann.

Unsere Untersuchungen über das F i n i e r e n der K a v i - t ä t e n r ä n d e r ergaben, daß der glättende Effekt mit der Finierergröße zunimmt. Die besten Resultate erzielten wir also mit dem Finierer der Größe 5. Die Ergebnisse der Finierversuche mit den kleinen Instrumenten waren weniger imponierend in Hinsicht auf die Feingestaltung der Schmelzkanten.

Ferner konnten wir feststellen, daß die Wahl der Umdrehungsgeschwindigkeit von großer Bedeutung ist. Bei gleicher Finierergröße ist die die Unebenheiten beseitigende Wirkung proportional der Drehzahl. Den größten glättenden Effekt konnten wir mit der höchsten untersuchten Drehzahl - also 50 000 U/min - erzielen, die geringste Wirkung fanden wir bei den Umlaufgeschwindigkeiten von 10 000 und 20 000 U/min.

Die Gestaltung der Kavitätenränder war bei Finieren unter Spraykühlung nicht wesentlich besser als beim Arbeiten im trockenen Milieu.

Die Versuche bezüglich der Rotationsrichtung, mit der der Finierer auf der Schmelzkante auftrifft, ergaben, daß bei den "einlaufend finierten" Schmelzkanten ein günstigeres Resultat zu beobachten war, als bei den "auslaufend finierten" Rändern. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den Untersuchungen von HORN.

Das F i n i e r e n aufgerauhter P r ä p a r a t i o n s - f l ä c h e n zeigte, ebenso wie die Versuche am Schmelzrand, daß sich der beste Effekt mit großen Finierern erzielen

läßt. So war nach dem Gebrauch der Finierergrößen 0 und 1 im trockenen Milieu nur eine schwache Einebnung der tief aufgerissenen Schmelzoberflächen zu beobachten, während der Finierer der Größe 5 fast vollkommen glatte Präparationsflächen ergab.

Ferner konnten wir mit steigendem Drehzahlbereich - bei sonst gleichartigen Versuchsbedingungen - eine Verminderung der Rauigkeiten beobachten. Das beste Ergebnis wurde mit der höchsten von uns untersuchten Umdrehungsgeschwindigkeit (50 000 U/min) erzielt; der geringste finierende Effekt zeigte sich bei den Versuchen, die mit 10 000 und 20 000 U/min zur Durchführung gelangten.

In all den Fällen, in denen mit Spraykühlung gearbeitet wurde, war eine stärker glättende Wirkung als bei den im trockenen Milieu durchgeführten Versuchen zu erkennen.

Aus dem vorher gesagten ergibt sich, daß die besten Ergebnisse bei der Nachbearbeitung der Kavitätenwände mit großen Finierern, hohen Umdrehungsgeschwindigkeiten und Arbeiten unter Spraykühlung erzielt werden.

Das gleiche trifft auch für den Schmelzrand zu, mit der Erweiterung, daß die "einlaufend finierten" Schmelzkanten stets die günstigeren Resultate aufwiesen, als die "auslaufend finierten" Ränder.

Wie eingangs betont wurde, sind für den Zahnarzt neben der glättenden Wirkung der Finierer vor allem die bei dem sog. Nacharbeiten entstehenden Temperaturen am Pulpakammerdach von großer Bedeutung.

Beim Finieren von okklusalen Kavitäten im trockenen Milieu konnten wir feststellen, daß die Endtemperatur am Pulpakammerdach nach 60 Sekunden Finierzeit bei Verwendung großer Finierer (Größe 4 und 5) wesentlich höher war, als die mit kleineren Durchmessern (Größe 0 und 1) erzielte.

Ferner konnten wir beobachten, daß eine Steigerung der Umlaufgeschwindigkeit - bei sonst gleichen Versuchsbedingungen -

eine Erhöhung der Temperatur zur Folge hat.

Die praktische Bedeutung unserer Untersuchungsergebnisse kommt erst dann zur Geltung, wenn wir sie in eine Relation zu dem von EBERT angegebenen Wärmegrenzwert von $44,6^{\circ}\text{C}$ setzen. Dieser Temperaturwert wird bei 30 000 U/min mit den Finierern der Größe 4 und 5, bei 40 000 U/min mit den Finierern der Größe 1 bis 5 und bei 50 000 U/min von allen Finierern überschritten, so daß insbesondere bei größeren Abweichungen eine Pulpaschädigung nicht auszuschließen ist.

Der von HENSEL und MANN mit $48,9^{\circ}\text{C}$ definierte Wärmeschmerzschwellenwert der menschlichen Zahnpulpa wird zwar nur von dem größten Finierer (Größe 5) und unter Verwendung der höchsten Umdrehungsgeschwindigkeit (50 000 U/min) überschritten. Trotzdem müssen wir bei unseren Patienten schon bei kleineren Finierern und bei niedrigeren Umdrehungsgeschwindigkeiten mit Schmerzempfindungen rechnen, da der Schmerzschwellenwert des Zahnbeins $47,7^{\circ}\text{C}$ (HENSEL und MANN) beträgt.

Das Finieren von okklusalen Kavitäten im feuchten Milieu ergab, daß bei allen Versuchen die Temperaturen unter den Ausgangswert von $36,5^{\circ}\text{C}$ fielen, wobei jedoch innerhalb der einzelnen Drehzahlbereiche mit den größten Finiererumfängen jeweils die geringste Differenz zwischen Ausgangs- und Endtemperatur erzielt wurde.

Unsere glättenden Maßnahmen bei Anwendung unterschiedlich hoher Umdrehungsgeschwindigkeiten ließen mit steigendem Drehzahlbereich - bei sonst gleichartigen Versuchsbedingungen - eine Verringerung des Temperaturabfalls am Pulpakammerdach unserer Versuchszähne erkennen, wobei der geringste Wärmeabfall bei den mit 50 000 U/min und die größte Temperatursenkung bei den mit 10 000 U/min glättend bearbeiteten Versuchszähne auftrat.

HAMPERL weist darauf hin, daß eine vorübergehende lokale Unterkühlung der Haut auf $+4^{\circ}\text{C}$ bei anschließend vorsichtiger Wiedererwärmung ohne irreversible Schädigungen möglich ist, OVERDIEK stellte bei Verwendung des NONDOLOR-Gerätes zur Herstellung einer Kälteanästhesie fest, daß sich eine schmerzlose

Kavitätenpräparation bei $+1^{\circ}\text{C}$ bis $+4^{\circ}\text{C}$ durchführen läßt, ohne klinische Kälteschäden hervorzurufen, und KLUCZKA schließlich konnte bei gleichen Versuchsbedingungen keine patho-histologischen Veränderungen der Pulpen beobachten.

Wenn also die vorgenannten Temperaturen keine irreversiblen Pulpenschädigungen verursachen, dürften die bei unseren Versuchen am Pulpakammerdach gemessenen tiefsten Endwerte erst recht keine Schädigung des Zahnmarkes erzeugen. Diese Temperaturen liegen auch oberhalb des von HENSEL und MANN mit $24,6^{\circ}\text{C}$ angegebenen Schmerzschwellenwert der Pulpa. Nicht ausgeschlossen ist aber, daß der Kälteschmerzschwellenwert des gesunden Dentins ($26,4^{\circ}\text{C}$ nach HENSEL und MANN) erreicht wird.

Beim Finieren approximal-okklusaler Kavitäten im trockenen Milieu erhöht sich die Temperatur am Pulpakammerdach unserer Zähne mit der Versuchsdauer. Innerhalb der einzelnen Drehzahlbereiche war der Temperaturverlauf wiederum abhängig von den Finierergrößen und zwar in der Weise, daß die kleinsten Finierer (Größe 0 und 1) den niedrigsten Endwert und die größten Finierer (Größe 4 und 5) die höchsten Wärmegrade erbrachten.

Ferner beobachteten wir, daß bei sonst gleichartigen Versuchsbedingungen eine Erhöhung der Umdrehungsgeschwindigkeit auch einen Anstieg der Temperaturen bewirkte.

Der von EBERT mit $44,6^{\circ}\text{C}$ angegebene noch "physiologische Wärmewert" wurde bei unseren Versuchen mit dem Finierer der Größe 5 bei 30 000 U/min und mit den Finierern der Größe 1 - 5 bei 40 000 U/min und 50 000 U/min erreicht bzw. überschritten. In diesem Falle ist die Wahrscheinlichkeit einer Pulpaschädigung eher gegeben, als durch die von uns erzielten unterhalb des obengenannten Wärmewertes liegenden Endtemperaturen.

Der Wärmeschmerzschwellenwert des menschlichen Zahnmarkes von $48,9^{\circ}\text{C}$ (HENSEL und MANN) wurde bei unseren Versuchen in keinem Fall erreicht. Wie wir zuvor schon bei den okklusalen Kavitäten beschrieben haben, ist aber eine Schmerzreaktion

seitens des Dentins (Schmerzschwellenwert $47,7^{\circ}\text{C}$) nicht ausgeschlossen.

Das Finieren approximal-okklusaler Kavitäten im feuchten Milieu hatte bei allen durchgeführten Versuchen Temperatursenkungen am Pulpa-kammerdach unter den Ausgangswert von $36,5^{\circ}\text{C}$ zur Folge.

Das Ausmaß des Temperaturabfalles war auch hier wiederum abhängig von der Finierergröße, also am stärksten bei den kleinen Finierern.

Bezüglich des Schmerzempfindens seitens des Patienten gilt das schon bei den im feuchten Milieu finierten okklusalen Kavitäten Gesagte.

C. Zusammenfassung

Um der Entstehung einer sekundären Randkaries vorzubeugen, muß vor allem auf eine einwandfreie Kavitätenpräparation geachtet werden. Neben der Durchführung der von BLACK geforderten Extension for prevention ist dafür Sorge zu tragen, daß ausgezackte Kavitätenränder und zerfurchte Kavitätenwände beseitigt werden. Hierzu haben sich die Stahlfinierer als besonders geeignet herausgestellt.

Aufgabe dieser Arbeit war es festzustellen, ob bzw. inwieweit die Größe, die Umdrehungsgeschwindigkeit, die Rotationsrichtung sowie die Anwendung von Spraykühlung die glättende Wirkung der Finierer beeinflusst.

Außerdem interessierte, wie sich die Temperaturentwicklung beim Glätten okklusaler und approximal-okklusaler Kavitäten gestaltet.

Für unsere Untersuchungen, die mit 10 000, 20 000, 30 000, 40 000 und 50 000 U/min durchgeführt wurden, benutzten wir fabriktneue zylindrische Finierer vom Typ "KOMET" 21a der Firma BRASSELER mit flachen, senkrechten Schneiden in den Größen 0 - 5.

Den glättenden Effekt testeten wir an frisch extrahierten menschlichen Zähnen mit Hilfe der Replikatechnik und dem LEITZ-Oberflächenmeßgerät nach FORSTER.

Die glattesten Kavitätenränder und Kavitätenwände erzielten wir mit den größten Finiererumfängen bei der höchsten von uns gewählten Umdrehungsgeschwindigkeit. Vor allem bei den Kavitätenwänden wirkte sich die Spraykühlung günstig auf die Oberflächengestaltung aus. Ferner wiesen die "einlaufend finierten" stets ein günstigeres Resultat als die "auslaufend finierten" Kavitätenränder auf.

Für die thermometrischen Untersuchungen stand uns eine spezielle Versuchseinrichtung zur Verfügung, mit der es möglich war, die während des Finierens am Pulpakammerdach auftreten-

den Temperaturen zu messen.

Sowohl bei den okklusalen als auch bei den approximal-okklusalen Kavitäten wurde die Ausgangstemperatur beim Arbeiten ohne Spraykühlung überschritten. Die größte Temperaturentwicklung ließ sich bei der höchsten Umdrehungsgeschwindigkeit beobachten. Auch innerhalb der einzelnen Drehzahlbereiche variierten die Temperaturen, und zwar in der Weise, daß die großen Finierertypen eine stärkere Wärmeentwicklung bedingten als die kleineren. Beim Arbeiten unter Spraykühlung konnten wir stets einen Temperaturabfall am Pulpakammerdach messen, der am größten bei den kleinen Finierern und den niedrigen Umdrehungsgeschwindigkeiten war.

Aufgrund unserer Untersuchungen und der von uns angestellten Betrachtungen bezüglich Pulpaschädigungen sind zum Nachbearbeiten unserer Kavitätenränder und Kavitätenwände große Finierer, hohe Umdrehungsgeschwindigkeit und Spraykühlung zu empfehlen.

D. Literaturverzeichnis

- Bolk, H.** Oberflächenhistologische Untersuchungen über die Wirkung von Diamantschleifkörper auf die Kavitätenwände und Kavitätenränder. Med. Diss., Marburg 1959.
- Black, G. V.** Konservierende Zahnheilkunde. Berlin 1914.
- Ebert, H.-J.** Thermometrische Untersuchungen am Pulpa-kammerdach extrahierter Zähne bei ver-schiedenartigen Temperatureinwirkungen. Med. Diss., Marburg 1965.
- Eichner, K.** Übersicht über die Geschichte, Geräte, Zusatzinstrumente, Schleifkörper und Bohrer sowie theoretische Grundlagen. In: Normal-, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen. Hrg. K. Eichner, München 1966.
- Eichner, K.** Histologische Untersuchungen von mensch-lichen Zähnen nach hoch- und höchsttourigen Präparationen. Zahnärztl. Rdsch., 75, 23 (1966).
- Fuhr, K.** Zahnpräparation mit höchsten Drehzahlen. Zahnärztl. Prax., 2, 25 (1958).
- Fuhr, K.** Das Für und Wider des höchsttourigen Schleifens. Dtsch. zahnärztl. Z., 19, 951 (1960).
- Fuhr, K.** Vergleichende Untersuchungen über die Temperaturverhältnisse beim zahnärzt-lichen Bohren und Schleifen. Dtsch. zahnärztl. Z., 18, 986 (1963).
- Hamperl, H.** Lehrbuch der Allgemeinen Pathologie und der Pathologischen Anatomie. 24/25. Aufl., Berlin-Göttingen-Heidelberg 1960.
- Hendel, H. u. Mann, G.** Temperaturschmerz und Wärmeleitung im menschlichen Zahn. Stoma (Heidelb.), 2, 76 (1956).
- Hess, W. u. Walkhoff, O.** Lehrbuch der konservierenden Zahnheil-kunde. 6. Aufl., Leipzig 1960.

- Heuser, H. Oberflächenmikroskopische Untersuchungen über den Randschluß von Füllungen. Teil I. Stoma (Heidelb.), 1, 5 (1948).
- Heuser, H. Oberflächenmikroskopische Untersuchungen über den Randschluß von Füllungen. Teil II. Stoma (Heidelb.), 2, 16 (1949).
- Hofmann, M. Die Temperaturentwicklung im Pulpenkavum beim Beschleifen der Zähne. Dtsch. zahnärztl. Z., 14, 472 (1959).
- Horn, R. Klinische und experimentelle Untersuchungen über die Bedeutung der Lage und Gestaltung des Kavitätenrandes für die Entstehung der sekundären Randkaries. Med. Diss., Marburg 1966.
- Kluczka, J. Diskussionsbemerkungen zu: Der kariöse Defekt im vitalen Zahn und seine Behandlung. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Vorträgen. Hrsg. G. Korkhaus, H. 13, München 1953.
- Kluczka, J. Die Auswirkungen des hoch- und höchsttourigen Schleifens und Bohrens auf Dentin und Pulpa. Zahnärztl. Welt, 60, 445 (1959).
- Kluczka, J. Möglichkeiten und Grenzen des Bohrens und Schleifens mit höchsten Drehzahlen. Zahnärztl. Prax., 11, 25 (1960).
- Linke, S. Untersuchungen von Kavitätenrändern, die mit Schleifkörpern in verschiedenen Drehzahlbereichen bearbeitet wurden. Dtsch. zahnärztl. Z., 15, 93 (1960).
- Miller, W.D. Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. Leipzig 1963.
- Müller, O. Pulpa und Wurzelbehandlung. Basel 1961.
- Ontrup, D. Übersicht über Schleifkörper, Bohrer und Geräte zum hoch- und höchsttourigen Bohren und Schleifen. Dtsch. zahnärztl. Z., 15, 58 (1960).
- Ontrup, D. Die Oberflächengestalt der Zahnhartsubstanzen nach der Bearbeitung mit umlaufenden Instrumenten. Dtsch. zahnärztl. Z., 15, 99 (1960).

- Overdiek, H.F. Über die Kälteanästhesie bei der Kavitätenpräparation. Erfahrungen mit dem Nondolgerät.
In: Der kariöse Defekt im vitalen Zahn und seine Behandlung.
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Vorträgen.
Hrsg. G. Korkhaus, H. 13, München 1953.
- Pantke, H. Die Wirkungen verschiedener Instrumente auf Kavitätenwände.
Schw. Mschr. Zahnheilk., 66, 678 (1956).
- Pantke, H. Die Replikatechnik.
Stoma (Heidelb.), 9, 86 (1956).
- Pantke, H. Der menschliche Zahnschmelz im oberflächenhistologischen Bild und seine Bedeutung für die Entstehung der Karies und die Kavitätenpräparation.
Habilschrift, Marburg 1959.
- Pantke, H. Die Oberflächenstruktur der Kavitätenwände nach höchsttourigen Bohren und Schleifen.
Zahnmedizin im Bild, 2, 85 (1961).
- Pantke, H. Vergleichende Untersuchungen der Oberflächenstruktur von mit Diamantschleifkörpern bearbeiteten Kavitätenwänden.
Zahnärztl. Welt, 64, 526 (1963).
- Pantke, H. Oberflächenhistologische Untersuchungen über die Wirkung von Diamant-Finierern.
Dtsch. Zahnärztebl., 16, 436 (1962).
- Pantke, H. u. Zelinka, A. Vergleichende Untersuchungen der Oberflächenstruktur mit Hartmetall-Fissurenbohrern bearbeiteter Kavitätenwände.
Zahnärztl. Welt, 65, 321 (1964).
- Pantke, H. u. Horn, R. Kavitätenpräparation und sekundäre Randkaries.
Zahnärztl. Prax., 17, 253 (1966).
- Peckert, H. Einführung in die konservierende Zahnheilkunde.
Leipzig 1921.
- Rebel, H.-H. Konservierende Zahnheilkunde.
3. Aufl., München 1950.

- Stüben, J. u.
Hoppe, W.F. Experimentelle Untersuchungen über die Temperaturveränderungen in der Zahnhartsubstanz beim höchsttourigen Bohren und Schleifen.
Dtsch. zahnärztl. Z., 17, 477 (1962).
- Wannenmacher, E. Lehrbuch der klinischen Zahnheilkunde.
3. Aufl., Leipzig 1963.
- Weder, M. Über die Veränderungen der Pulpa des menschlichen Zahnes nach Beschleifen mit hohen Geschwindigkeiten.
Dtsch. zahnärztl. Z., 15, 104 (1960).
- Wolf, J. Plastische Histologie der Zahngewebe.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk., 7, 265 (1940).
- Zelinka, A. Vergleichende oberflächenhistologische Untersuchungen über die Wirkung von zahnärztlichen Fissurenbohrern auf Schmelz, Dentin sowie Schmelzrand bei der Verwendung der schnurgetriebenen Bohrmaschine und des Dentalair-Gerätes.
Med. Diss., Marburg 1964.

Lebenslauf

Am 24. März 1935 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Dr. August Kieser und seiner Ehefrau Tony geb. Heyl in Bensheim an der Bergstraße geboren. Im Herbst 1941 erfolgte dort meine Einschulung. 1945 trat ich in das Bensheimer Gymnasium ein und legte am 2. März 1956 an der Realgymnasialen Aufbauschule in Bensheim die Reifeprüfung ab. Das zahnärztliche Studium begann ich im Sommersemester 1956 an der Philipps-Universität Marburg an der Lahn, wo ich am 27. Juni 1959 die zahnärztliche Vorprüfung und im Sommersemester 1962 das Staatsexamen bestand. Seit dem 1. 12. 1962 bin ich an der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Marburg an der Lahn zunächst als Medizinalassistent, ab 1. 4. 1963 als Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle und ab 1. 4. 1967 als wissenschaftlicher Angestellter tätig.

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren Professoren und Dozenten in Marburg an der Lahn:

Beckmann, Braun-Falco, Büsing, Dimroth, Grabowsky, Hamm, Hanack, Hartmann, Heite, Hennis, Hering, Heuser, Hornung, Janke, Linzbach, Mahr, Marx, Maurath, Nissing, Nieht, Pantke, Petry, Prinz, Quecke, Rollheuser, Rosemann, Schmid, Schwaiger, Seidel, Siess, Siegert, Vogt, Walcher.

Für die Überlassung des Themas und die ständige verständnis-
volle Beratung und Unterstützung möchte ich Herrn Prof. Dr.
H. Pantke herzlich danken.

Herrn Prof. Dr. Dr. H. Heuser danke ich für die Übernahme
des Korreferates.

